This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

Über dieses Buch

Dies ist ein digitales Exemplar eines Buches, das seit Generationen in den Regalen der Bibliotheken aufbewahrt wurde, bevor es von Google im Rahmen eines Projekts, mit dem die Bücher dieser Welt online verfügbar gemacht werden sollen, sorgfältig gescannt wurde.

Das Buch hat das Urheberrecht überdauert und kann nun öffentlich zugänglich gemacht werden. Ein öffentlich zugängliches Buch ist ein Buch, das niemals Urheberrechten unterlag oder bei dem die Schutzfrist des Urheberrechts abgelaufen ist. Ob ein Buch öffentlich zugänglich ist, kann von Land zu Land unterschiedlich sein. Öffentlich zugängliche Bücher sind unser Tor zur Vergangenheit und stellen ein geschichtliches, kulturelles und wissenschaftliches Vermögen dar, das häufig nur schwierig zu entdecken ist.

Gebrauchsspuren, Anmerkungen und andere Randbemerkungen, die im Originalband enthalten sind, finden sich auch in dieser Datei – eine Erinnerung an die lange Reise, die das Buch vom Verleger zu einer Bibliothek und weiter zu Ihnen hinter sich gebracht hat.

Nutzungsrichtlinien

Google ist stolz, mit Bibliotheken in partnerschaftlicher Zusammenarbeit öffentlich zugängliches Material zu digitalisieren und einer breiten Masse zugänglich zu machen. Öffentlich zugängliche Bücher gehören der Öffentlichkeit, und wir sind nur ihre Hüter. Nichtsdestotrotz ist diese Arbeit kostspielig. Um diese Ressource weiterhin zur Verfügung stellen zu können, haben wir Schritte unternommen, um den Missbrauch durch kommerzielle Parteien zu verhindern. Dazu gehören technische Einschränkungen für automatisierte Abfragen.

Wir bitten Sie um Einhaltung folgender Richtlinien:

+ *Nutzung der Dateien zu nichtkommerziellen Zwecken* Wir haben Google Buchsuche für Endanwender konzipiert und möchten, dass Sie diese Dateien nur für persönliche, nichtkommerzielle Zwecke verwenden.

+ *Keine automatisierten Abfragen* Senden Sie keine automatisierten Abfragen irgendwelcher Art an das Google-System. Wenn Sie Recherchen über maschinelle Übersetzung, optische Zeichenerkennung oder andere Bereiche durchführen, in denen der Zugang zu Text in großen Mengen nützlich ist, wenden Sie sich bitte an uns. Wir fördern die Nutzung des öffentlich zugänglichen Materials für diese Zwecke und können Ihnen unter Umständen helfen.

+ *Beibehaltung von Google-Markenelementen* Das "Wasserzeichen" von Google, das Sie in jeder Datei finden, ist wichtig zur Information über dieses Projekt und hilft den Anwendern weiteres Material über Google Buchsuche zu finden. Bitte entfernen Sie das Wasserzeichen nicht.

+ *Bewegen Sie sich innerhalb der Legalität* Unabhängig von Ihrem Verwendungszweck müssen Sie sich Ihrer Verantwortung bewusst sein, sicherzustellen, dass Ihre Nutzung legal ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass ein Buch, das nach unserem Dafürhalten für Nutzer in den USA öffentlich zugänglich ist, auch für Nutzer in anderen Ländern öffentlich zugänglich ist. Ob ein Buch noch dem Urheberrecht unterliegt, ist von Land zu Land verschieden. Wir können keine Beratung leisten, ob eine bestimmte Nutzung eines bestimmten Buches gesetzlich zulässig ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass das Erscheinen eines Buchs in Google Buchsuche bedeutet, dass es in jeder Form und überall auf der Welt verwendet werden kann. Eine Urheberrechtsverletzung kann schwerwiegende Folgen haben.

Über Google Buchsuche

Das Ziel von Google besteht darin, die weltweiten Informationen zu organisieren und allgemein nutzbar und zugänglich zu machen. Google Buchsuche hilft Lesern dabei, die Bücher dieser Welt zu entdecken, und unterstützt Autoren und Verleger dabei, neue Zielgruppen zu erreichen. Den gesamten Buchtext können Sie im Internet unter `http://books.google.com` durchsuchen.

Schneidewind

Die Ernährung der landwirtschaftl. Kulturpflanzen

Verlag von Paul Parey in Berlin

SIGILLVM · VNIVERSITATIS · CALIFORNIENSIS
LVX
FIAT
MDCCCLXVIII
EX LIBRIS

Die Ernährung

der

landwirtschaftl. Kulturpflanzen.

Lehrbuch

auf der Grundlage wissenschaftlicher Forschung
und praktischer Erfahrung

bearbeitet von

Professor **Dr. W. Schneidewind,**
Vorsteher der agrik.-chem. Versuchsstation der Landwirtschaftskammer für die Provinz Sachsen, Halle a. S.

Mit 15 Textabbildungen.

Berlin
Verlagsbuchhandlung Paul Parey
Verlag für Landwirtschaft, Gartenbau und Forstwesen
SW. 11, Hedemannstraße 10 u. 11
1915.

S633
S3

Alle Rechte, auch das der Übersetzung, vorbehalten.
Copyright by Paul Parey, Berlin 1915.

Vorwort.

Einer an den Verfasser ergangenen vielseitigen Aufforderung, ein Buch über „Die Ernährung der landwirtschaftlichen Kulturpflanzen“ in der vorliegenden Form herauszugeben, kommt er hiermit nach. Das Buch war für die Friedenszeit bestimmt, dürfte aber auch von Nutzen sein für die jetzige schwere Kriegszeit, denn alle die besonderen Maßnahmen, welche wir jetzt auf dem Gebiete der pflanzlichen Ernährung zu treffen gezwungen sind, speziell in bezug auf die Einschränkung der Düngung, müssen die Kenntnis der wissenschaftlichen Grundlage der pflanzlichen Ernährung und die vielseitigen praktischen Erfahrungen, derer in dem Buche gedacht ist, voraussetzen.

Auf dem Gebiete der pflanzlichen Ernährung sind außerordentlich viele wissenschaftliche Forschungen angestellt worden, wohl mehr als auf jedem anderen Gebiete, was angesichts dieses großen wichtigen Arbeitsfeldes und der großen Anzahl von wissenschaftlichen Instituten, die sich mit den vielseitigen Fragen der pflanzlichen Ernährung zu befassen haben, auch nicht anders sein konnte. Es sollte nun nicht Aufgabe dieses Buches sein, die ganzen Forschungsergebnisse, zu welchen die vielen auf diesem Gebiete ausgeführten Arbeiten führten, zusammenzustellen. Eine Wiedergabe aller dieser zum Teil hochinteressanten Ergebnisse würde das Studium dieses Buches seitens des praktischen Landwirts außerordentlich erschweren und auch vielleicht zu manchen Mißverständnissen führen. Aus diesem Grunde ist nur solcher Forschungsergebnisse gedacht worden, die nicht nur eine wissenschaftliche, sondern auch eine praktische Bedeutung haben, und auch hier konnte es sich bei der Fülle des Materials vielfach nur um Beispiele handeln.

Das Buch besteht aus drei Teilen:

Der Erste Teil handelt von der „Physiologie der Ernährung.“ Er soll die wissenschaftliche Grundlage für den Dritten Teil: „die Düngung der Pflanze“ bilden. Kapitel I handelt von der Ernährung der Keimpflanze, Kapitel II von der Ernährung der grünen Pflanze.

Der Zweite Teil behandelt in kurzer Form „den Boden.“ Kapitel I handelt von den Bestandteilen der festen Erdrinde, Kapitel II von der Bodenbildung, Kapitel III von den verschiedenen Bodenarten, ihren Eigenschaften und Umwandlungen durch menschliches Eingreifen.

34966

Der Dritte Teil handelt von der „Düngung." Kapitel I behandelt die verschiedenen Düngemittel und ihre Anwendung. Hier sind zunächst die Naturdünger, hauptsächlich der Stalldünger und die Gründüngung, besprochen worden, dann die Handelsdünger: die verschiedenen Stickstoff-, Phosphorsäure-, Kali- und Kalkdünger. Kapitel II behandelt die einzelnen Kulturpflanzen und ihre Düngung. Hier ist das Nährstoffbedürfnis der verschiedenen Kulturpflanzen besprochen worden und sind dann Beispiele für ihre Düngungen aufgeführt, welch letztere sich naturgemäß in weiteren Grenzen zu bewegen haben.

Am Schluß des dritten Teils sind Beispiele für die Düngung von Fruchtfolgen und Anlagen von Feldversuchen gegeben worden. Die Beispiele für die Düngung der einzelnen Kulturpflanzen in den verschiedenen Fruchtfolgen auf den verschiedenen Bodenarten dürften von besonderem Wert sein. Aus diesen soll der Landwirt sehen, in welcher Weise die Höhe der Düngungen der einzelnen Früchte von der Vorfrucht und Düngung der Vorfrucht abhängig zu machen ist. Es lassen sich so in bestimmten Fruchtfolgen, bei denen nicht nur die Vorfrüchte, sondern auch die Düngungen derselben berücksichtigt werden können, die zu wählenden Mengen und Formen der Nährstoffe für die einzelnen Früchte schon weit besser angeben als bei der Düngung der einzelnen Kulturpflanzen im allgemeinen, wo nicht aller jener Momente gedacht werden kann. Wenn nun aber auch die in den Fruchtfolgen angegebenen Düngungen für viele Verhältnisse zutreffen werden, so soll der Landwirt von den empfohlenen Düngungen nicht ohne Überlegung Gebrauch machen, sondern an der Hand der Beispiele überlegen, ob eine Veranlassung vorliegt, unter seinen Verhältnissen von den empfohlenen Düngungen nach oben oder unten abzuweichen. Werden in diesem Sinne die gegebenen Beispiele aufgefaßt, so ist der Zweck hiermit erreicht.

Halle a./S., Februar 1915.

W. Schneidewind.

Inhalt.

Seite

Erster Teil.

Die Physiologie der Ernährung.

Allgemeines über Zusammensetzung und Ernährung von Pflanze und Tier 1

Erstes Kapitel. Die Ernährung der Keimpflanze 4

1. Die Keimungsbedingungen 5
2. Die chemisch-physiologischen Vorgänge bei der Keimung 11
3. Der Einfluß von chemischen Substanzen auf die Keimung 14
4. Die Beurteilung des Saatgutes 15

Zweites Kapitel. Die Ernährung der grünen Pflanze 19

1. Die Kohlensäure 19
   - Die Bedingungen der Kohlensäureassimilation 21
   - Die Produkte der Assimilation und ihre Veränderungen 28
2. Der Sauerstoff 30
3. Das Wasser 31
   - Die Wasseraufnahme 31
   - Die Gesetze der Verdunstung 32
   - Der Wasserbedarf der Kulturpflanzen 34
4. Der Stickstoff und die Stickstoffverbindungen 40
   - Der freie atmosphärische Stickstoff 44
   - a) Die Leguminosenbakterien 44
   - b) Die im Boden freilebenden stickstoffassimilierenden niederen Organismen 61
   - Die Stickstoffverbindungen 76
   - a) Die salpetersauren Salze 76
   - b) Die salpetrigsauren Salze 79
   - c) Die Ammoniaksalze 80
   - d) Die Amine und Aminosäuren (Amide) 93
   - e) Die Cyanverbindungen 96
   - f) Die Eiweißstoffe 97
   - Der Einfluß organischer Substanzen auf die Ausnutzung der löslichen Stickstoffverbindungen 98
5. Die Mineralstoffe (Aschenbestandteile) 105
   - Der Mineralstoffgehalt (Aschengehalt) im allgemeinen 108
   - Die einzelnen Mineralstoffe 110
   - a) Der Schwefel 110
   - b) Der Phosphor 110

Seite

c) Das Silicium 113
d) Das Chlor 114
e) Das Kalium 117
f) Das Natrium 119
g) Das Kalzium 123
h) Das Magnesium 125
i) Das Eisen 128
Die chemische Zusammensetzung der Pflanze und das Maximum der Produktion 129

Zweiter Teil.

Der Boden.

Erstes Kapitel. **Die Bestandteile der festen Erdrinde** 140
1. Die Mineralien 142
2. Die Gesteine 150
a) Die kristallinischen Massengesteine 151
b) Die Sedimentgesteine (Trümmersedimente und Ausscheidungssedimente) 155

Zweites Kapitel. **Die Bodenbildung** 161
1. Die physikalischen Vorgänge 161
2. Die chemischen Vorgänge (einfache und komplizierte Verwitterung) 163
3. Die biologischen Vorgänge 167
a) Die Umwandlung der Gesteine durch die pflanzlichen Organismen . 167
b) Die Bildung und Umwandlung der organischen Stoffe durch die pflanzlichen Organismen 168
Die Verwesung und Humusbildung 168
Die Salpeterbildung 172
Die Eiweißbildung und Salpeterzersetzung 176
Die Vermoderung und Verkohlung 178
Die Moorbildung und Vertorfung 178

Drittes Kapitel. **Die verschiedenen Bodenarten, ihre Eigenschaften und Umwandlungen durch menschliches Eingreifen** 179
1. Die Einteilung der Böden 179
2. Die Eigenschaften der Böden 181
a) Die mechanische Zusammensetzung der Böden 181
b) Die chemische Zusammensetzung der Böden 186
c) Die chemische Bodenanalyse, der Vegetationsversuch, der prozentische Nährstoffgehalt der Pflanze und das Nährstoffbedürfnis der Böden . 187
d) Die Absorption der Nährstoffe durch den Boden 196
e) Die Nährstoffverluste durch die Sickerwässer 198
f) Die Buchführung über den Nährstoffhaushalt des Bodens 199
g) Der Raubbau 203
h) Die Charakterisierung der Bodenarten 207
3. Die Bodenbearbeitung 211

Seite

Dritter Teil.

Die Düngung.

Erstes Kapitel. **Die verschiedenen Düngemittel und ihre Anwendung** . . 215

Die Naturdünger 215

1. Der Stalldünger 215

Die Zusammensetzung des Stalldüngers 215

Die Verluste des Stalldüngers beim Lagern 222

Die Aufbewahrung und Konservierung des Stalldüngers 227

Die Wirkung und Verwertung des Stalldüngers 236

Die Anwendung des Stalldüngers 246

2. Die menschlichen Ausscheidungen 248

3. Der Kompostdünger 249

4. Die Gründüngung 250

Die Handelsdünger (Kunstdünger) 264

1. Die Stickstoffdünger 264

a) Der Chilesalpeter 264

b) Das schwefelsaure Ammoniak 269

c) Die aus der Luft gewonnenen Stickstoffprodukte (Kalkstickstoff, Kalksalpeter, synthetisch hergestellte Ammoniaksalze und Harnstoff) . 277

d) Die organischen Stickstoffdünger 282

Allgemeines über die Anwendung der stickstoffhaltigen Handelsdünger (Salpeter, Ammoniak usw.) 286

2. Die Phosphorsäuredünger 290

a) Das Superphosphat 290

b) Das Doppelsuperphosphat 298

c) Das Präzipitat 305

d) Das Thomasmehl 306

e) Das Wolters-Phosphat 317

f) Die organischen Phosphorsäuredünger 318

g) Die Rohphosphate 321

Allgemeines über die Anwendung der phosphorsäurehaltigen Handelsdünger (Superphosphat, Thomasmehl usw.) 321

3. Die Kalidünger 325

a) Die Staßfurter Kalisalze 325

Allgemeines über die Anwendung der Staßfurter Kalisalze 338

b) Der Phonolith 350

4. Die Kalkdünger 354

a) Kalksteinmehl und Mergel 354

b) Stückkalk, gemahlener Stückkalk und Körnerkalk 356

c) Gips 357

d) Kalkhaltige Düngemittel als Rückstände von landwirtschaftlich-technischen und industriellen Gewerben 357

e) Kalkhaltige Düngemittel, die in erster Linie anderer Nährstoffe wegen zur Verwendung kommen 360

Allgemeines über die Anwendung der Kalkdünger 367

Preise und Preiswürdigkeit der Handelsdünger 370

Allgemeine Bedingungen für die Anwendung der Düngemittel 372

Seite

Zweites Kapitel. Die einzelnen Kulturpflanzen und ihre Düngung . . . 377
Die Zuckerrübe . . . 377
Die Futterrübe . . . 396
Die Samenrüben (Zucker- und Futterrübe) . . . 404
Die Kartoffel . . . 404
Der Roggen . . . 421
Der Weizen . . . 429
Der Hafer . . . 437
Die Gerste . . . 440
Raps, Rübsen, Mohn . . . 448
Bohnen, Erbsen, Wicken . . . 449
Die Kleearten . . . 451
Wiesen und Weiden . . . 452
Beispiele für die Düngung von Fruchtfolgen . . . 455
Anlagen von Feldversuchen . . . 466
Register . . . 479

Erster Teil.

Die Physiologie der Ernährung.

Allgemeines über Zusammensetzung und Ernährung von Pflanze und Tier.

Gemeinsame Eigenschaften.

Trotz der großen äußeren Verschiedenheiten haben Pflanze und Tier eine Reihe von gleichen Eigenschaften. Es sind dies vorzugsweise die folgenden:

1. Alle pflanzlichen und tierischen Organismen bestehen aus Zellen, d. h. aus kleinen Elementarorganen, welchen die Fähigkeit verliehen ist, Stoffe aufzunehmen und abzugeben, sich zu entwickeln und zu vermehren. Alle Prozesse der Ernährung sind an die Lebenstätigkeit solcher Zellen gebunden. Sowohl die pflanzliche als tierische Zelle besteht a) aus dem Zellinhalt (Protoplasma) mit dem Zellkern (Nukleus), b) aus der äußeren Hülle (Membran). Der Sitz aller Stoffwechselerscheinungen ist das Protoplasma, welches sowohl bei den pflanzlichen als den tierischen Organismen im wesentlichen aus Eiweißstoffen besteht.

2. Pflanze und Tier enthalten dieselben chemischen Stoffe. Sie bestehen aus Wasser und Trockensubstanz, welch letztere sowohl bei Pflanze als bei Tier sich zusammensetzt aus Mineralsubstanz und organischer Substanz. Auch die elementare Zusammensetzung des Pflanzen- und Tierkörpers ist so gut wie identisch. Wir finden in beiden: Wasserstoff und Sauerstoff im Wasser; Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff in der stickstofffreien organischen Substanz; Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff, Stickstoff, Schwefel, event. auch Phosphor in der stickstoffhaltigen organischen Substanz und in der Mineralsubstanz von Tier- und Pflanzenkörper hauptsächlich folgende Elemente: Schwefel, Phosphor, Chlor, Silizium, Kalium, Natrium, Kalzium, Magnesium und Eisen.

3. Pflanze und Tier unterhalten einen Atmungsprozeß, d. h. sie nehmen Sauerstoff auf und atmen Kohlensäure aus, nur wird dieser Prozeß bei der grünen Pflanze am Tage durch einen anderen überwiegenden Prozeß, der Kohlensäureaufnahme und Sauerstoffabgabe, verdeckt.

4. Alle nicht grünen Pflanzen und nicht grünen Pflanzenteile bedürfen wie das Tier organischer Nahrung wie Stärke, Zucker, Fett, Eiweißstoffe. So ist auf diese Stoffe die noch nicht grüne Keimpflanze angewiesen, ebenso die nicht grünen niederen Organismen, Bakterien und Pilze, und auch die des Lichtes beraubte grüne Pflanze, deren Leben mit dem eines hungernden Tieres zu vergleichen ist.

Unterschied in der Ernährung.

Der große Unterschied in der Ernährung von Pflanze und Tier besteht darin, daß die Pflanze im grünen Zustande ihre organische Nahrung sich selbst aufzubauen vermag, während das Tier dies nicht kann. Befähigt wird die Pflanze zu jenem Prozeß durch den sogenannten Chlorophyllkörper, Plasma und grüner Farbstoff, welch letzterer stets an das Protoplasma der Pflanzenzelle gebunden erscheint. Mit Hilfe dieses Apparates vermag die Pflanze unter Mitwirkung des Sonnenlichtes aus Kohlensäure und Wasser organische Substanz (Zucker) zu bilden:

$$6\,CO_2 + 6\,H_2O = C_6H_{12}O_6 + 6\,O_2$$

6 Mol. Kohlensäure + 6 Mol. Wasser = Zucker + 6 Mol. Sauerstoff

Der gebildete Zucker kondensiert sich zum größten Teile schnell in der Pflanzenzelle zu Stärkemehl.[1]) Anders das Tier. Ihm müssen fertig gebildete organische Verbindungen, wie Zucker oder Stärkemehl, welch letzteres im tierischen Körper auch in Zucker verwandelt wird, als Nahrung geboten werden. Hierbei vollzieht sich im tierischen Körper der umgekehrte Prozeß:

$$C_6H_{12}O_6 + 6\,O_2 = 6\,CO_2 + 6\,H_2O$$

Zucker + 6 Mol. Sauerstoff = 6 Mol. Kohlensäure + 6 Mol. Wasser

Die Tätigkeit der grünen Pflanze ist demnach eine reduzierende; Sauerstoff wird aus der Kohlensäure abgespalten, der zurückbleibende Kohlenstoff tritt mit dem Wasser zu organischer Substanz zusammen. Hierbei wird Sauerstoff ausgeschieden, welcher von dem Tier eingeatmet wird. Die Tätigkeit des Tieres ist umgekehrt eine oxydierende. Organische Verbindungen, wie Zucker, werden zu Kohlensäure und Wasser verbrannt.

Die Tätigkeit der grünen Pflanze ist eine aufbauende. Aus den einfachen Verbindungen Kohlensäure und Wasser vermag die Pflanze komplizierte organische Stoffe aufzubauen. Sie lebt sozusagen von der Luft. Der Landwirt fährt alljährlich eine große Menge von organischen Stoffen in Form der verschiedenen Feldfrüchte von seinen Grundstücken. Er verdankt diese Bildung der Kohlensäure der Luft. Die Tätigkeit des Tierkörpers ist im Gegensatz zu der des Pflanzenkörpers eine zerstörende. Das Tier besitzt nicht die Fähigkeit, die Kohlensäure der Luft aufzunehmen und in organische Verbindungen (Zucker, Stärke, Fett, Eiweißstoffe) überzuführen; ihm müssen diese organischen Verbindungen, welche

[1]) Näheres später Kapitel II.

die Pflanze produziert hat, in der Nahrung zugeführt werden. Diese organischen Verbindungen werden im tierischen Körper wieder oxydiert, zerstört.

Somit führt der Stoffwechsel, welcher sich in der Pflanze vollzieht, zur Aufspeicherung von Kraft (Energie), während bei dem Stoffwechsel, welcher sich im tierischen Körper vollzieht, Kraft (Energie) in Freiheit gesetzt wird.

Der Kreislauf des Stoffes zwischen Pflanzen- und Tierwelt.

Die Pflanzen nehmen die von den Tieren ausgeatmete Kohlensäure als Kohlenstoffnahrung auf und erzeugen daraus organische Substanzen. Diese dienen den Tieren als feste Kohlenstoffnahrung und werden im tierischen Körper zu Kohlensäure verbrannt, welche nun wiederum von neuem dem Pflanzenorganismus als Kohlenstoffnahrung dient. Auch das Material, welches außerhalb des tierischen Organismus zur Wärme und Kraftproduktion dient, ist ein Produkt pflanzlicher Tätigkeit. Holz sowohl als die verschiedenen Arten von Kohlen sind ja Pflanzenreste, welche bei der Verbrennung auch Kohlensäure liefern, die wieder den Pflanzen als Kohlenstoffquelle zufließt. Für die aufgenommene Kohlensäure geben die Pflanzen Sauerstoff an die Atmosphäre ab, welcher den Tieren als Atmungsluft dient. So kann ohne die Pflanzenwelt die Tierwelt, ohne die letztere die erstere dauernd nicht existieren.

Dieser große Kreislauf des Kohlenstoffs wäre nun kein vollständiger, wenn nicht noch eine besondere Klasse von Organismen eine vermittelnde Rolle spielte. Es sind dies die niederen Organismen (Bakterien und Pilze), welche die tierischen Exkremente und die abgestorbenen Pflanzenteile zerstören, wobei auch der Kohlenstoff dieser Substanzen zu Kohlensäure oxydiert wird, so daß auch dieser Kohlenstoff den grünen Pflanzen wieder in Form von Kohlensäure zufließt.

Ebenso wie man von einem Kreislauf des Kohlenstoffs spricht, kann man auch von einem Kreislauf des Stickstoffs sprechen und zwar von einem Kreislauf des Stickstoffs im engeren Sinne und einem solchen im weiteren Sinne.

Der Kreislauf des Stickstoffs im engeren Sinne spielt sich folgendermaßen ab: Die Pflanze baut mit Hilfe der gebildeten stickstofffreien Stoffe (Zucker, Stärke usw.) aus den einfachsten Stickstoffverbindungen (Salpeter, Ammoniaksalz) Eiweißstoffe auf. Diese dienen den Tieren als Nahrung und zerfallen im tierischen Körper, soweit sie nicht angesetzt werden, in einen stickstofffreien Rest, welcher zur Wärme- und Kraftproduktion oder zur Fettbildung dient und in einen stickstoffhaltigen Rest, vorzugsweise Harnstoff, welcher vom tierischen Körper ausgeschieden wird, sehr bald in Ammoniak und Salpeter umgesetzt wird und in dieser Form oder auch zum Teil direkt den Pflanzen von neuem als Stickstoffmaterial für die Eiweißbildung dient. So wandert also auch derselbe Stickstoff wieder von Pflanze zu Tier. Auch derjenige Teil des Stickstoffs, welcher im tierischen Körper als Fleisch angesetzt wird, unterliegt nach dem Tode demselben Schicksal.

Außer diesem Kreislauf des Stickstoffs im engeren Sinne gibt es auch noch einen Kreislauf des Stickstoffs im weiteren Sinne, welcher darin besteht,

daß fortwährend durch physikalische und bakteriologische Prozesse gasförmiger Stickstoff in feste Stickstoffverbindungen übergeführt wird und andererseits durch andere physikalische und bakteriologische Prozesse wieder feste Stickstoffverbindungen in gasförmigen Stickstoff verwandelt werden. So werden fortwährend gewisse Mengen von freiem Luftstickstoff durch elektrische Entladungen, speziell durch Blitzschlag, zu salpetersaurem Ammoniak oxydiert, welches mit den Niederschlägen auf die Erdoberfläche gelangt und auch gewisse Mengen von freiem Luftstickstoff durch bakteriologische Prozesse (Stickstoffassimilation durch Leguminosenbakterien und durch freilebende niedere Organismen), in feste Stickstoffverbindungen verwandelt. Andererseits werden wieder durch gewisse physikalische Prozesse (Verbrennungen) feste Stickstoffverbindungen in gasförmige übergeführt und das Gleiche geschieht wieder durch gewisse bakteriologische Prozesse, wie sich solche bei der Fäulnis und Reduktion des Salpeters abspielen.

Auch von einem Kreislauf der Mineralstoffe kann man sprechen, indem ja auch diese mit der pflanzlichen Nahrung den Tieren zugeführt werden und dieselben Mineralstoffe durch die tierischen Ausscheidungen wieder den Pflanzen als Mineralstoffquelle zufließen.

Erstes Kapitel.

Die Ernährung der Keimpflanze.

Auch bei der höheren Pflanze gibt es eine Periode, in der sie sich verhält, wie die nichtgrünen Organismen, wie die Tiere und die niederen Organismen, d. h. wo sie auf fertiggebildete organische Nahrung angewiesen ist, nämlich während des Keimlebens.

Unter dem Keimleben versteht man jene erste Entwicklungsperiode der höheren Pflanze, welche sich aus dem Samenkorn im Boden ohne Mitwirkung des Lichtes vollzieht und in welcher die neugebildeten Teile der Pflanze noch frei von dem grünen Farbstoff sind. Demgegenüber steht die Ernährung der Pflanze, sobald sie unter dem Einfluß des Sonnenlichtes in ihren oberirdischen Organen unter der Bildung von Blattgrün (Chlorophyll) eine grüne Farbe angenommen hat. Die Ernährung des keimenden Samenkorns ist zu vergleichen mit der des hungernden Tieres. Es lebt auf Kosten der in ihm abgelagerten Reservestoffe (Stärke, Zucker, Fett, Eiweiß), da ihm der Assimilationsapparat, der Chlorophyllkörper, fehlt, welcher sich erst außerhalb des Bodens bei Licht entwickeln kann. Eine Assimilation von Kohlensäure ist daher bei der Keimpflanze ausgeschlossen, die Kohlenstoffnahrung kann nur den Reservestoffen entnommen werden. Diese in dem Samenkorn aufgespeicherten Reservestoffe dienen 1. zur Bildung von neuen Organen, 2. zur Beschaffung der notwendigen Kraft (Energie), welche zur Vollziehung aller Lebensfunktionen und Wachstumserscheinungen nötig

ist. Hierzu ist Sauerstoff erforderlich, welcher den Kohlenstoff der Reservestoffe zu Kohlensäure oxydiert, welch letztere, wie beim Tier ausgeatmet wird. Da die Keimpflanze nicht imstande ist, Kohlenstoff in irgend einer Form zu assimilieren und fortwährend Kohlenstoff in Form von Kohlensäure ausscheidet, so findet während des Keimlebens fortwährend ein Verlust von organischer Substanz statt, während bei der grünen Pflanze durch die später stattfindende Kohlensäureassimilation stets eine Vermehrung der organischen Substanz stattfindet.

1. Die Keimungsbedingungen.

a) **Die organischen und mineralischen Nährstoffe.** Eine Zuführung von diesen Nährstoffen hat die Pflanze für diese ihre erste Entwicklungsperiode nicht notwendig, da jedes Samenkorn von der Natur für seine erste Entwicklung genügende Mengen von Nährstoffen mit auf den Weg bekommt und zwar in Form von organischen stickstoffhaltigen und stickstofffreien Verbindungen und in Form der verschiedenen notwendigen Mineralstoffe. Diese Mengen reichen selbst unter den ungünstigsten Verhältnissen aus, um den Keimling soweit zu bringen, daß er mit der Entwicklung des Blattgrüns später sich selbst ernähren kann. Eine künstliche Samendüngung, für die man früher hier und da eintrat und auch jetzt noch hier und da eintritt, hat keinen Zweck, wie verschiedene Versuche zeigen, so auch diejenigen, welche der Verfasser[1]) nach dieser Richtung hin angestellt hat:

Es wurden nach dem Verfahren von Jßleib, welcher neuerdings wieder für eine solche Samendüngung eingetreten ist, Nährlösungen hergestellt, die auf 1 l Wasser enthielten: je 50 g Ammonnitrat, Kaliumnitrat, Ammoniumphosphat und Natriumphosphat. In einer solchen Nährlösung wurden die Samen eingequellt und im Vergleich hierzu trockner Samen und nur in Wasser eingequellter geprüft. Ein Erfolg solcher Samenbehandlung war nicht vorhanden.

Die Keimfähigkeit hatte sogar durch das Einquellen in der Nährlösung etwas gelitten. Im Mittel von 3 Einzelversuchen keimten

von 100 Gerstenkörnern: Ohne Nährlösung 97
Mit „ 85,

von 100 Rübenknäulen:
Ohne Nährlösung 94 Knäule mit 184 Keimen
Mit „ 89 „ „ 171 „

Ein mit Hafer ausgeführter Gefäßversuch hatte folgendes Ergebnis:

	Körner g pro Gefäß	Stroh g pro Gefäß
Trockner Samen	24,4	39,3
Samen in Wasser eingequellt . . .	26,5	39,4
Samen in Nährlösung eingequellt .	25,7	40,3

[1]) Vegetationsversuche der agr. chem. Versuchsstation Halle a. S. und Feldversuche der Versuchswirtschaft Lauchstädt.

Ein mit Zuckerrübensamen ausgeführter Feldversuch führte zu folgendem Ergebnis:

	Zuckerrüben dz pro ha	Zucker dz pro ha
Trockner Samen	438,8	82,0
Samen in Wasser eingequellt . . .	438,2	82,1
Samen in Nährlösung eingequellt .	427,3	79,7

Es war also sowohl bei dem Versuch in Gefäßen, als auch bei dem Feldversuch, keinerlei Wirkung der Samendüngung eingetreten.

Selbst die geringen Mengen von Kalk, welche die Samen enthalten, reichen für die Zeit bis zur Wurzelbildung, wo eine Aufnahme von Kalk aus dem Boden stattfinden kann, aus. Gerstenkörner, welche der Verfasser in einer Lösung von salpetersaurem Kalk einquellen ließ, keimten nicht besser und entwickelten sich nicht besser als andere.

Auch die organischen Stoffe des Samenkornes reichen für die erste Entwicklung aus. Gerstenkörner, welche bei Versuchen vom Verfasser in Zuckerlösungen eingequellt wurden, keimten und entwickelten sich nicht besser als andere.

Wenn man solche Keimversuche mit Wasserkulturen und destilliertem Wasser oder kalkfreien Nährlösungen ausführt, so muß sich, wie Versuche von v. Liebenberg[1]) und Bruch[2]) zeigen, ein Kalkmangel bei der Kalkarmut des Samens einstellen, da ja in diesen Fällen eine Kalkaufnahme seitens der gebildeten kleinen Wurzeln ausgeschlossen ist. Für die in der Natur in Frage kommenden Verhältnisse genügen aber, wie oben bewiesen, alle Nährstoffe, auch die geringen Mengen Kalk, für die erste Entwicklungsperiode der jungen Pflanze.

b) **Das Wasser.** Ohne Wasser ist eine Keimung nicht möglich, ohne Zuführung genügender Mengen von Wasser kann das trockne Samenkorn nicht keimen. Es enthält das trockne Samenkorn 10 bis 15% Wasser, die junge Pflanze ca. 90% Wasser.

Funktionen des Wassers. Das Wasser dient:

1. als Lösungsmittel der in dem Samenkorn aufgespeicherten Nährstoffe, indem es dieselben, soweit sie in Wasser löslich sind, direkt löst; soweit dieses nicht der Fall ist, wie z. B. bei den wichtigsten Reservestoffen, Eiweiß und Stärkemehl, in Verbindung mit Enzymen, welche die junge Keimpflanze zu diesem Zwecke ausscheidet;

2. als Transportmittel, indem es die löslichen oder gelösten Stoffe dahin transportiert, wo diese zur Neubildung oder zur Beschaffung der notwendigen Kraft für die junge Pflanze gebraucht werden;

3. als formbildender Bestandteil der wasserreichen jungen Gewebe. Die notwendige Gewebespannung (Turgor) ist ohne einen reichlichen Wasservorrat nicht möglich.

---

[1]) Orth, Anleitung zur Anwendung von Kalk und Mergel. Berlin 1896.

[2]) Zur physiologischen Bedeutung des Kalziums in der Pflanze. Arbeiten der Akademie Bonn-Poppelsdorf. Landw. Jahrbücher 1903. Erg.-Bd.

Die Aufnahme des Wassers. Die Wasseraufnahme erfolgt auf dem Wege der Quellung, hauptsächlich durch die stickstoffhaltigen Substanzen und die Kohlehydrate des Samenkorns, während die Fette Wasser nicht oder jedenfalls nicht in nennenswerter Weise aufnehmen. Aus diesem Grunde enthält gequollener ölhaltiger Samen nur etwa 50—60%, stärkemehlhaltiger ca. 100% Wasser.

Versuche, welche Haberlandt[1]) nach dieser Richtung hin ausführte, hatten folgendes Ergebnis:

		Dauer der Quellung in Stunden							
		6		12		24		48	
	C.°	Volumen-Zunahme in %	Gewichts-Zunahme in %	Volumen-Zunahme in %	Gewichts-Zunahme in %	Volumen-Zunahme in %	Gewichts-Zunahme in %	Volumen-Zunahme in %	Gewichts-Zunahme in %
Rotklee	0°	81,2	60,0	112,5	89,0	131,2	107,0	143,7	115,7
„	10°	87,5	68,2	118,7	93,0	137,5	109,2	143,7	116,3
„	15°	131,2	100,2	143,7	113,7	137,5	111,5	143,7	116,8
„	35°	156,2	118,7	156,2	120,8	156,2	120,0	150,0	117,7
Raps	0°	31,5	35,5	47,3	48,5	52,6	55,0	52,6	56,0
„	10°	31,5	37,0	57,8	53,4	52,6	56,0	52,6	56,0
„	15°	52,6	52,2	52,6	55,0	52,6	57,0	47,3	56,0
„	35°	52,6	55,7	57,8	56,8	63,1	63,9	57,8	58,0
Kichererbse	0°	73,3	60,0	113,3	79.5	133,3	91,6	133,3	101,0
„	10°	93,3	63,5	113,3	82,2	133,3	100,0	133,3	101,0
„	15°	106,6	75,0	133,3	97,5	133,3	101,5	133,3	101,5
„	35°	133,3	97,5	133,3	99,0	133,3	101,5	133,3	101,3

Diese Versuche zeigen,

1. daß der Rotklee und die Erbse ungefähr doppelt soviel Wasser aufnehmen, als der ölhaltige Raps;

2. daß bei höherer Temperatur die Wasseraufnahme schneller erfolgt, als bei niedrigerer Temperatur; daß aber schließlich auch bei niedrigerer Temperatur (0°) das ganze aufnehmbare Wasser zur Aufnahme gelangt. Beim Rotklee wurden bei 35° C. schon nach 6 Stunden 118,7% Wasser aufgenommen, während bei einer Temperatur von 0° 48 Stunden notwendig waren für eine Aufnahme von 115,7%. Beim Raps wurden bei 35° C. schon nach 6 Stunden 55,7% aufgenommen, während bei 0° 24 Stunden für eine Aufnahme von 55,0%, 48 Stunden für eine Aufnahme von 56% nötig waren. Es dauerte also die Wasseraufnahme bei einer niedrigeren Temperatur nur länger;

3. daß bei der Quellung der Samen eine bedeutende Volumenzunahme stattfindet. So betrug die Volumenzunahme bei dem Rotklee rund 150, bei den Erbsen rund 130%, bei dem ölhaltigen Raps dagegen nur rund 60%. Diese Volumen-

[1]) Haberlandt, Untersuchungen auf dem Gebiete des Pflanzenbaus. Wien, Druck und Verlag von Carl Gerolds Sohn, 1875.

zunahme ist von praktischer Bedeutung. Sie wirkt sprengend auf die die Samenkörner umgebende Ackererde und erleichtert die erste Entwicklung der neugebildeten, jungen, zarten Pflanzenteile.

Zur Einleitung der Keimung müssen mindestens 35—40% des Samengewichts an Wasser aufgenommen werden; zum vollständigen Verlauf der Keimung genügt unter allen Umständen diejenige Wassermenge, welche bei der Sättigung des Quellungsvermögens zur Aufnahme gelangt. Ein Übermaß von Wasser, namentlich von anhaftendem Wasser, schadet, da hierdurch der Sauerstoff der Luft abgeschlossen wird, wodurch die Keimpflanze in ihrer Entwicklung beeinträchtigt wird. Als praktische Konsequenz ergibt sich hieraus, daß ein Vorquellen des Saatgutes bei Böden mit normalem Feuchtigkeitsgehalt nicht nur zwecklos, sondern als direkte falsche Maßregel zu bezeichnen ist. Die Keimung verläuft auch in einem vollkommen nassen Boden ungünstiger als in einem mäßig nassen. Bei einer ungenügenden Wasseraufnahme, z. B. 30—40% der Wasserkapazität, setzt zwar die Keimung ein, gelangt aber sehr bald zum Stillstand, wobei die ausgetriebenen Organe absterben. Eine erneute Wasseraufnahme kann allerdings eine neue Entwicklung veranlassen, aber der Keimling entwickelt sich dann nicht mehr in normaler Weise. Ausgewachsenes Saatgut ist daher nicht absolut wertlos, aber doch in seinem Werte sehr stark vermindert.

Rüben, Kartoffeln und überwinternde Pflanzen, welche sich durch Rhyzome fortpflanzen, enthalten soviel Wasser (70—90%), daß sie zur Keimung einer Wasserzufuhr nicht bedürfen; sie können unabhänig vom Wasservorrat des Bodens in die erste Entwicklung treten.

c) **Die Wärme.** Die Wärme ist eine unerläßliche Keimungsbedingung. Sie ist nötig zur Einleitung der für die Entwicklung des Keimlings notwendigen chemischen Umsetzungen und damit zur Auslösung der Spannkräfte der im Samen niedergelegten Verbindungen.

Von der Temperatur ist die Keimung in der Weise abhängig, daß sie unterhalb und oberhalb gewisser Temperaturen unterbleibt, auch wenn alle andern Keimungsbedingungen gegeben sind. Zwischen diesen Temperaturgrenzen (Minima und Maxima) liegen bestimmte Temperaturen, bei welchen die Keimung am günstigsten verläuft (Optima). Nach Haberlandt sind die Minima, Maxima und Optima unserer wichtigsten landwirtschaftlichen Kulturpflanzen die folgenden:

	Minimum	Maximum	Optimum	Tage
Bohne	10	37	32	2—3
Buchweizen . .	—4	38	?	3—5
Erbse . . .	1—2	35	30	2—3
Gerste	3—4,5	28—30	20	2—3
Hafer	4—5	30	25	2—4
Lein	2—3	30	25	2—5
Lupine . . .	4—5	27—38	28	2—3

	Minimum	Maximum	Optimum	Tage
Luzerne . . .	1	37	30	2—4
Mais	8—10	40—44	32—35	3—11
Pferdebohne . .	3—4	30	25	4—6
Raps	2—3	?	?	1—2
Roggen . . .	1—2	30	25	1—3
Rotklee . . .	1	37	30	1—3
Tabak	13—14	35	28	6—9
Weizen . . .	3—4,5	30—32	25	2—3
Wicke	1—2	35	30	2—5
Zuckerrübe . .	4—5	28—30	25	4—9

Demnach liegen die untersten Grenzen für die Keimung der meisten unserer Kulturpflanzen zwischen 1 und 5° C.; die obersten Grenzen bei den Getreidearten und der Zuckerrübe bei rund 30°, bei den meisten Leguminosen zwischen 30 und 40° C. Die günstigsten Keimtemperaturen liegen bei den Getreidearten bei 20 bis 25° C., bei den meisten Leguminosen bei 25—30° C.

Jedes Samenkorn entwickelt beim Keimen beträchtliche Wärmemengen, welche durch die eintretenden Oxydationserscheinungen hervorgerufen werden. Hierdurch wird der Keimungsprozeß in günstiger Weise gefördert. Welche hohe Temperaturerhöhung bei der Keimung eintritt, zeigt z. B. in deutlicher Weise die Malzbereitung.

Was die Widerstandsfähigkeit der Samen gegen hohe und niedrige Temperaturen betrifft, so ist trockner Samen sehr widerstandsfähig, gequollner und gekeimter sehr empfindlich gegen dieselben.

d) **Der Sauerstoff.** Dieser ist ebenfalls eine unerläßliche Keimungsbedingung; daher ist ein steter Luftzutritt während der Keimung unbedingt erforderlich. Je reichlicher der Luftzutritt, je lebhafter die Keimung, vorausgesetzt, daß es nicht an der nötigen Wassermenge für die Keimung fehlt. Der Sauerstoff wird vom Samenkorn aufgenommen und zur Oxydation eines Teils der organischen Substanz des Samenkorns verwendet. Die Produkte dieser Oxydation sind Kohlensäure und Wasser. Durch diesen Vorgang werden die im Samenkorn schlummernden Spannkräfte, welche in Form der organischen Reservestoffe niedergelegt sind, in lebendige Formen der Kraft übergeführt, welche die Keimpflanze für ihr Wachstum nötig hat.

Daß eine Keimung ohne Sauerstoff (Luft) unterbleibt, läßt sich leicht nachweisen. Bringt man Samen unter Öl oder in ausgekochtes Wasser, so findet keinerlei Keimung statt.

Durch den eintretenden Oxydationsprozeß findet eine fortwährende Verminderung der organischen Substanz statt. Es beträgt der Trockensubstanz-Verlust bis zum Ergrünen der Pflanze 30% und darüber. In dem ersten Stadium des Keimungsprozesses ist die Kohlensäureentwicklung noch schwach; sie steigt dann immer mehr und mehr an, bis sie kurz

vor dem Ergrünen der Pflanze den Höhepunkt erreicht hat. Bei einem Keimungsversuch, welchen W. Palladin[1]) in seiner Pflanzen-Physiologie anführt, wurden z. B. folgende Zahlen ermittelt:

	Trockengewicht g	Kohlenstoff C g	Wasserstoff H g	Sauerstoff O g	Stickstoff N g	Asche g
46 Weizensamen . .	1,665	0,758	0,095	0,718	0,057	0,038
46 Weizenkeimlinge .	0,722	0,293	0,043	0,282	0,057	0,038
Differenz:	— 0,943	— 0,465	— 0,052	— 0,436	0,000	0,000

Der Versuch zeigt die starke Abnahme des Kohlenstoffs der organischen Substanz, welcher bei dem Keimungsprozeß zu Kohlensäure (CO_2) oxydiert wird.

Die sich beim Keimungsprozeß entwickelnde Kohlensäure ist kein indifferentes Gas, sondern giftig für die Pflanzen. Es ist daher ein Verdrängen der Kohlensäure durch die Luft notwendig. Die Luft hat also nicht nur die Aufgabe, den in ihr enthaltenen Sauerstoff der Keimpflanze zuzuführen, sondern sie ist auch notwendig zur Verdrängung der gebildeten schädlichen Kohlensäure.

Eine Durchlüftung findet in den oberen Ackerschichten mehr statt als in den unteren. Wie hat sich die Aussaattiefe zu gestalten? Die Aussaattiefe soll sozusagen ein Kompromiß sein zwischen dem Wasserbedürfnis des Keimlings einerseits und dem Luftbedürfnis des Keimlings andererseits. In den tieferen Ackerschichten findet das Samenkorn immer genügende Wassermengen aber nicht genügende Mengen von Sauerstoff. Auch die Kohlensäureansammlung ist in den unteren Schichten größer als in den oberen. Deshalb darf das Samenkorn keinesfalls tiefer in den Boden gebracht werden, als es die Rücksicht auf die für die Keimung notwendige Feuchtigkeit verlangt. Aus diesem Grunde hat sich die Aussaattiefe nach der Beschaffenheit der Böden und der Witterung zu richten. Bei schweren Böden und feuchter Witterung bringt man die Samen flacher, bei leichten porösen Böden und trockner Witterung tiefer unter. Liegen die Samen zu tief, so beginnt zwar die Keimung, aber die Keimlinge sterben dann ab und verfaulen. Bei den Getreidekörnern ist dies der Fall, wenn sie tiefer als 16 cm liegen. Für größere Samen liegt dieser Punkt tiefer, für kleinere höher. Es gilt daher als Regel, daß man kleine Samen flacher, größere tiefer unterbringt. Die günstigsten Tiefen der Aussaat liegen für die verschiedenen Sämereien zwischen 0,7 und 6 cm. Kleine Samen werden gar nicht oder flach, große 2—5 cm tief untergebracht, doch kommen Ausnahmen vor.

Andere Faktoren kommen für die Keimung nicht in Frage, auch nicht das Licht und die Elektrizität, von denen man hier und da einen kleinen Einfluß auf die Keimung beobachtet haben will. Wenn man derartige Beobachtungen gemacht hat, so sind diese nicht auf jene beiden Faktoren, sondern auf andere Faktoren zurückzuführen gewesen. Daß das Licht einen Einfluß auf die Keimung nicht ausübt, kann uns nicht wundern, da dem Keimling noch der grüne Farbstoff (das Chlorophyll) fehlt, die einzige Substanz, welche in Beziehung zum Licht steht.

[1]) W. Palladin, Pflanzenphysiologie Berlin, Verlag Springer.

2. Die chemisch-physiologischen Vorgänge bei der Keimung. (Stoffliche Veränderungen.)

Die Ernährung der Keimpflanze geschieht, wie wir gesehen, zuerst ausschließlich auf Kosten der von der Mutterpflanze stammenden, im Samen aufgespeicherten Reservestoffe. Der größte Teil dieser Stoffe ist unlöslich; er muß, um von der jungen Pflanze verwendet werden zu können, löslich gemacht und damit wanderungsfähig gemacht werden. Die Lösung der unlöslichen Reservestoffe erfolgt in der Keimpflanze sowie in der grünen Pflanze durch chemische Körper, welche der Organismus für diesen Zweck ausscheidet, durch die „Enzyme". Die Lösung erfolgt in der Weise, daß die unlöslichen hochmolekularen Verbindungen unter Wasseraufnahme in eine Anzahl kleinerer löslicher Moleküle zerfallen.

Betrachten wir nach dieser Richtung hin die wichtigsten Reservestoffe des Samenkorns:

a) **Die stickstofffreien Substanzen.** Von diesen ist der wichtigste und häufigste Reservestoff der Samenkörner das Stärkemehl, welches z. B. in den Getreidekörnern in einer Menge von 60—65% und darüber vorkommt. Das Stärkemehl ist vollkommen in Wasser unlöslich; es muß, um der Pflanze zum Aufbau neuer Organe oder zur Beschaffung der für das Leben der Keimpflanze notwendigen Energie dienen zu können, erst gelöst werden. Die Lösung der Stärke erfolgt durch Enzyme, welche wir „Diastase" und „Maltase" nennen. Durch das erstere wird das Stärkemehl in Maltose, durch das zweite die gebildete Maltose in Traubenzucker (Dextrose) übergeführt. Fassen wir beide Vorgänge zusammen:

$$(C_6H_{10}O_5)\,x + x\,H_2O = x\,C_6H_{12}O_6$$

Stärkemehl + x Mol. Wasser = x Mol. Dextrose.

Auf diese Weise zerfällt das unlösliche, hochmulekulare Stärkemehl in eine größere Anzahl kleiner löslicher Moleküle von Traubenzucker (Dextrose).

Auch für die anderen unlöslichen Kohlehydrate der Pflanze besitzt der junge Organismus solche lösenden Enzyme. So wird die Zellulose durch das Enzym „Zytase" abgebaut, gelöst. Der lösliche Rohrzucker wird durch ein Enzym die „Invertase" in die einfachsten Zuckerarten übergeführt; er spaltet sich in 1 Molekül Traubenzucker (Dextrose) und 1 Molekül Fruchtzucker (Lävulose).

In welch starker Weise bei stärkemehlhaltigen Samen das Stärkemehl eine Umwandlung erfährt, möge folgender Versuch von Bouffingault[1]) zeigen:

22 Maiskörner erfuhren nach dreiwöchentlicher Entwicklung im Dunkeln folgende Umwandlungen:

---

[1]) Compt. rend., 1864, Bd. 58, S. 917 und Adolf Mayer, Agrikulturchemie, I. Bd.

	Samen	Keimpflanzen
	g	g
Trockensubstanz	8,64	4,53
Stärkemehl (Dextrin)	6,39	0,78
Zucker	0,00	0,95
Öl	0,46	0,15
Zellulose	0,52	1,32

Wir sehen aus diesem Versuch, daß das Stärkemehl bei der Keimung fast ganz verschwunden ist; es hat der Keimpflanze gedient zur Bildung neuer Organe und zu der für das Leben der Keimpflanze erforderlichen Kraftbeschaffung.

Auch zur Lösung des Fettes scheidet die Keimpflanze ein Enzym, die „Lipase" aus. So nehmen die ölhaltigen Samen fortwährend an Fett ab und dafür an einfacheren Substanzen (Kohlehydraten usw.), welche von der Pflanze direkt oder indirekt verwendet werden können, zu. Es geht dies z. B. aus einem Versuch von Peters[1]) hervor, welchen derselbe mit tausend Kürbissamen anstellte:

	Samen	Keimpflanzen		
		I. Periode	II. Periode	III. Periode
	g	g	g	g
Trockengewicht . . .	276,00	274,80	245,10	215,90
Öl	136,65	103,51	56,43	12,98
Stärkemehl	0	8,89	17,50	6,63
Dextrin	Spur	2,56	3,55	6,13
Zucker	Spur	3,81	9,48	12,80
Andere Extraktstoffe .	6,86	22,96	33,01	43,48
Zellulose	8,34	9,33	12,23	21,20

Die so aus dem Fett entstehenden Kohlehydrate können direkt oder indirekt der Pflanze zur Bildung neuer Organe und zur Beschaffung der für das Leben notwendigen Energie dienen.

Als Hauptendprodukt sehen wir so aus den unlöslichen stickstofffreien Reservestoffen der Pflanze den Traubenzucker (Dextrose) entstehen, welcher von den stickstofffreien Stoffen die Hauptausgangssubstanz für das Leben und für die Bildungen in der Pflanze darstellt.

Aus der Dextrose bildet die Pflanze:

1. wieder Stärkemehl oder Zellulose, den Hauptbestandteil der Zellwände. Diese Bildung erfolgt durch Kondensation mehrerer Dextrose-Moleküle, wobei Wasser abgespalten wird:

$$x\,C_6H_{12}O_6 - x\,H_2O = (C_6H_{10}O_5)x$$
x Mol. Dextrose — x Mol. Wasser = Stärkemehl

$$y\,C_6H_{12}O_6 - y\,H_2O = (C_6H_{10}O_5)y$$
y Mol. Dextrose — y Mol. Wasser = Zellulose

[1]) Landw. Versuchsstationen 1861, Bd. III, S. 1—18 und A. Mayer, Agrikulturchemie, I. Bd.

2. organische Säuren durch Oxydation;

3. Eiweißstoffe durch Anlagerung der Dextrose an stickstoffhaltige Gruppen;

4. dient die gebildete Dextrose zur Beschaffung der für das Pflanzenleben notwendigen Energie. Auf diese Weise wird stets ein Teil der Dextrose zu Kohlensäure und Wasser verbrannt:

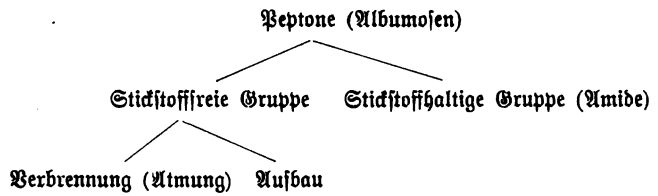
$$C_6H_{12}O_6 + 6O_2 = 6CO_2 + 6H_2O + 684000 \text{ Cal.}$$

Dextrose + 6 Mol. Sauerstoff = 6 Mol. Kohlensäure + 6 Mol. Wasser

Wir sehen aus der Formel, daß bei dieser Verbrennung eine große Menge von Energie frei wird, welche für das Wachstum der Keimpflanze notwendig ist; 1 Grammolekül Dextrose liefert 684000 Cal.

b) **Die stickstoffhaltigen Substanzen.** Von diesen kommen in erster Linie in Frage die Eiweißkörper, welche fast ausschließlich die stickstoffhaltigen Substanzen des Samenkornes ausmachen. Ebenso wie das Stärkemehl sind auch die Eiweißkörper in Wasser unlöslich. Sie müssen, um von der Pflanze verwendet werden zu können, gelöst, wanderungsfähig gemacht werden. Das geschieht auch hier bei den Eiweißkörpern durch Enzyme, „die proteolytischen Enzyme", welche zunächst die hochmolekularen Eiweißkörper in einfachere Eiweißkörper „Peptone" bezw. „Albumosen" überführen. Die letzteren können direkt zur Bildung von neuem Pflanzeneiweiß dienen, oder sie werden durch andere proteolytische Enzyme in Amide und eine stickstofffreie Gruppe gespalten. Die die Eiweißkörper abbauenden Enzyme hat man „Proteinasen", die die Peptone und Albumosen weiter spaltenden Enzyme „Peptasen" genannt. Die sich so in der Keimpflanze abspielenden Vorgänge sind genau dieselben, welche sich im tierischen Körper abspielen und mögen noch auf folgende Weise veranschaulicht werden:

1. Bildung von neuem Eiweiß aus Peptonen (Albumosen)
2. Zerfall:



Bei dem tierischen Körper werden die bei der Zersetzung des Eiweißes gebildeten Amide mit dem Harn, hauptsächlich in Form von Harnstoff, aus den Körper ausgeschieden. Die Pflanze verfährt mit diesen stickstoffhaltigen Spaltungsprodukten sparsamer. Sie bildet aus diesen nach dem Ergrünen mit Hilfe der später auf dem Wege der Assimilation sich bildenden neuen Kohlehydrate Eiweißkörper zurück.

c) **Die Mineralsubstanzen.** Ohne diese ist, wie später bei der grünen Pflanze, auch ein Keimleben nicht möglich. Es können die verschiedenen Neu-

bildungen nur erfolgen in Gegenwart gewisser kleiner Mengen von Schwefel, Phosphor, Kalium, Kalzium und Magnesium, welche hier in Form geeigneter Verbindungen dieselben Rollen zu spielen haben als später bei der grünen Pflanze. Das Eisen, welches für die grüne Pflanze unentbehrlich ist, spielt bei der Keimpflanze, da ihr der grüne Farbstoff (das Chlorophyll) fehlt, keine Rolle.

3. Der Einfluß von chemischen Substanzen auf die Keimung.

a) **Keimungsfördernde Substanzen.** Solche kommen in ihrer Anwendung praktisch nicht in Frage, da das Samenkorn alle diejenigen Substanzen, welche für einen normalen Verlauf der Keimung notwendig sind, in genügender Menge enthält. Auch der Kalk, welchen das Samenkorn von allen Substanzen in geringster Menge enthält, gehört hierher, da jetzt wohl sämtliche Kulturböden soviel Kalk enthalten, als die Keimpflanze für ihre erste Entwicklung notwendig hat.

b) **Keimungsstörende Substanzen.** Keimungsstörend wirken:

1. alle Säuren, namentlich starke Mineralsäuren, wie Schwefelsäure (SO_4H_2), Salpetersäure (NO_3H), Salzsäure (ClH) usw. Diese Säuren koagulieren lösliche Eiweißstoffe und vernichten dadurch die Tätigkeit des Protoplasmas der Pflanzenzelle. Eine Ausnahme macht die Orthophosphorsäure (PO_4H_3). Es ist deshalb eine gleichzeitige Düngung mit Superphosphat, welches gewisse Mengen von freier Phosphorsäure enthält, unschädlich.

2. Ätzalkalien und Ätzkalk. Von diesen kommt praktisch hauptsächlich in Frage der Ätzkalk. Größere Mengen von Ätzkalk dürfen nicht kurz vor der Bestellung gegeben werden.

3. Salze der Alkalien und alkalischen Erden in großer Menge, wie Chlorkalium (ClK), Chlornatrium (ClNa), Schwefelsaures Kalium (SO_4K_2), Schwefelsaures Natrium (SO_4Na_2), Chlorkalzium (Cl_2Ca), Chlormagnesium (Cl_2Mg), Schwefelsaures Magnesia (SO_4Mg), Salpetersaures Natron (NO_3Na) usw. Von diesen wirkt am schädlichsten das Chlorkalzium und das Chlormagnesium.

Nach dieser Richtung hin kommen von den Düngemitteln hauptsächlich die Staßfurter Kalisalze, welche große Mengen von Chlorsalzen enthalten, für die Praxis in Frage. Es dürfen daher stärkere Gaben von Staßfurter Kalisalzen keinesfalls gleichzeitig mit der Aussaat, oder kurze Zeit vor derselben, verabreicht werden, sondern entweder längere Zeit vor der Bestellung (Herbst) oder in Form von geteilten Gaben.

4. Salze der Schwermetalle, welche auch in kleineren Mengen hemmend auf die Keimung einwirken können. Von diesen kommt praktisch hauptsächlich in Betracht das zum Beizen der Körner benutzte Kupfervitriol (SO_4Cu). Man hat sich deshalb bei der Anwendung dieses Beizmittels bezüglich der Konzentration und der weiteren Behandlung genau an die Vorschrift zu halten. Das Kühnsche[1]) Beizverfahren mit Kupfervitriol schreibt vor: Eine halbprozentige Kupfer-

[1]) Arbeiten der D. L.-G. Pflanzenschutz. Anleitung für den praktischen Landwirt. Bearbeitet von P. Sorauer und G. Rörig.

vitriollösung (½ kg Kupfervitriol auf 100 l Wasser), eine 12—16stündige Behandlung mit derselben, Ablaufen der Kupfervitriollösung und ein Nachwaschen mit Kalkmilch (6 kg gebrannter Kalk auf 110 l Wasser). Anstatt dieser Kalkmilch kann man auch eine solche von 1 kg gebranntem Kalk auf 100 l Wasser verwenden. Das Nachwaschen des gebeizten Samens mit Kalkmilch, das den namentlich durch Eindringen der Beizflüssigkeit in das beim Maschinendrusch verletzte Samenkorn entstehenden Schaden vermindert, wird vielfach auch fortgelassen und dafür eine stärkere Aussaat vorgenommen. Zu bemerken ist, bei diesem und anderen solchen Beizverfahren, daß die spelzenreichen Körner, wie Gerste und Hafer, welche von der Beizflüssigkeit große Mengen schnell aufsaugen, schlechter vertragen, als die spelzenarmen Körner, wie z. B. der Weizen.

5. Organische Desinfektionsmittel. Von diesen kommt hauptsächlich in Frage das zum Beizen der Körner verwandte Formalin. Bei Verwendung desselben hat man sich auch hier genau an die Vorschriften zu halten. Kirchner[1]) empfiehlt eine 0,1prozent. Formaldehydlösung (250 g der käuflichen 40prozent. Formaldehydlösung auf 100 l Wasser) und eine 4stündige Behandlung mit dieser Beizflüssigkeit.

Auch bezüglich der höheren Temperaturen, sowie solche bei dem Heißwasser- und Heißluftverfahren besonders in Frage kommen, hat man sich genau an die Vorschriften zu halten.

4. Die Beurteilung des Saatgutes.

Für die Wertschätzung des Saatgutes kommt in Frage und ist seitens des Verkäufers zu gewährleisten:

1. Die Identität, d. h. der Samen soll nicht allein der Pflanzenart, sondern auch der Varietät und Sorte angehören, als welche er verkauft wird. Die Echtheit von Varietät und Sorte kann man meistens nur durch Aussaat und und Ziehen der Pflanzen in Töpfen oder im freien Lande ermitteln.

2. Freiheit von pflanzlichen und tierischen Parasiten. (Brandsporen, Kleeseide usw.)

3. Der Wassergehalt. Derselbe beträgt durchschnittlich bei stärkehaltigen Samen 14%, bei ölhaltigen Samen 13%. Als Handelsbasis hat man als zulässigen Gehalt 15% angenommen und, als in maximo zulässigen Gehalt für lieferbare Ware 17% Wasser. Samen, mit einem Wassergehalt von 15—17% sind daher lieferbar, aber es hat in diesem Falle eine entsprechende Vergütung stattzufinden, welche rechtmäßig nach den fehlenden Trockensubstanzmengen zu berechnen ist. Ein Beispiel hierfür:

Jemand kauft 100 Ztr. (50 dz) Rübensamen für 3000 M, Handelsbasis 15% Wasser und erhält einen Rübensamen mit 16,5% Wasser, so hat er zu beanspruchen: 85 Ztr. Trockensubstanz, wogegen er nur 83,5 Ztr. Trockensubstanz erhält.

[1]) Arbeiten der D. L.-G. Pflanzenschutz. Anleitung für den praktischen Landwirt. Bearbeitet von P. Sorauer und G. Rörig.

Es hat also rechtmäßig die Entschädigung nach folgendem Verhältnis stattzufinden.

85 Ztr. Tr : 3000 M = 83,5 Ztr. Tr : X
X = 2947 M = wahrer Wert
Entschädigung: 3000 — 2947 = 53 M.

Bei einem Ersatz des über die Handelsbasis hinausgehenden Wassers (1,5 Ztr.) durch ein gleiches Gewicht des Samens fällt die Entschädigung zu niedrig aus. Verschiedene Normen sehen aber diese letzte Art der Entschädigung vor. Nach ihnen erfolgt die Vergütung bei einem die normalen Grenzzahlen übersteigenden Wassergehalt nicht auf Grund der obigen mathematischen genauen Berechnung, sondern durch einfachen Abzug des höheren Prozentgehaltes an Wasser. Wenn also, um bei obigem Beispiel zu bleiben, der Wassergehalt 16,5 beträgt, so sind auf 100 Ztr. Samen 1,5 Ztr. bei der Preisberechnung einfach zu kürzen. Es besteht die Absicht, gelegentlich der jetzt geplanten Aufstellung neuer Normen die Berechnung auf Grund des Trockensubstanzgehaltes (siehe obige Berechnung) offiziell einzuführen.

4. Die Reinheit. Verunreinigungen, wie Unkräuter, Strohteile, Spreu, Schmutz, Sand usw. dürfen im Samen nur in geringer Menge enthalten sein. Zu den Verunreinigungen rechnet man auch zerschlagene Körner. Bei der Bestimmung der Reinheit der Getreidearten Mais und Hirse, sind als sehr lästige Beimengungen betonders zu beachten andere Getreidearten, ferner Flughafer, Trespe, Kornrade, Hederich, Mutterkorn usw. Getreide und Leguminosen sollen nicht mehr als 1%, der schwer zu reinigende Rübensamen nicht mehr als 3% Verunreinigungen aufweisen; der letztere ist mit einer Verunreinigung bis zu 5% lieferbar; es hat aber dementsprechend eine Entschädigung stattzufinden.

5. Die Keimfähigkeit. Diese bestimmt selbstverständlich in erster Linie den Wert des Samens. Die Keimfähigkeit drückt die Zahl der Keime aus, welche von 100 reinen Samenkörnern austreiben. Bei einfachen Samen gilt eine Keimfähigkeit von 90% ab als eine gute, für zusammengesetzte Samen, wie Rübenknäule, gelten die betreffenden Normen. Es kommt aber nicht nur darauf an, daß möglichst alle Samenkörner keimen, sondern daß die Keimung auch innerhalb einer bestimmten kurzen Frist erfolgt. (Keimungsenergie.) So zählt man z. B. die gekeimten Getreide- und Leguminosensamen zuerst nach 5 und zum Schluß nach 10 Tagen, die gekeimten Rübensamen nach 6 und zum Schluß nach 14 Tagen.

Für den Rübensamenhandel kommen hauptsächlich folgende Normen in Frage: 1. Die Magdeburger Normen, 2. die revidierten Normen für den Zuckerrübensamenhandel, aufgestellt vom Verein der Zuckerrübenindustrie im Deutschen Reiche, 3. die modifizierten Wiener Normen für Zucker- und Futterrübensamen. Wesentlich unterscheiden sich diese Normen nicht voneinander. Die von dem Verein der Zuckerrübenindustrie im Deutschen Reiche aufgestellten Normen, nach welchen vielfach gehandelt wird, lauten z. B. folgendermaßen:

Der Rübensamen ist in guter und gesunder Beschaffenheit zu liefern und muß den folgenden Normen entsprechen:

a) 1 kg Rübensamen soll in 14 Tagen wenigstens 70 000 Keime liefern.
b) Hiervon müssen in 6 Tagen wenigstens 46 000 Keime ausgetrieben sein.
c) Von 100 Samenknäueln müssen mindestens 75 gekeimt haben.
d) Der Wassergehalt ist bis 15% einschließlich normal, bis 17% einschließlich bleibt der Samen noch lieferbar, es ist jedoch bei über 15 bis 17% ein dem Gewichte des Wassers entsprechender Prozentsatz zu vergüten.
e) Fremde Bestandteile sind bis 3% einschließlich gestattet, bis 5% einschließlich bleibt die Ware noch lieferbar, es ist aber bei über 3—5% ein dem Gewichte der fremden Bestandteile entsprechender Prozentsatz zu vergüten.
f) Die Verletzung auch nur einer dieser Normen von a—e macht die Ware zu einer nicht lieferbaren.
g) Differenzen bei Untersuchungen werden endgültig entschieden durch das Mittel zwischen einer neuen Untersuchung seitens derjenigen Station, welche die angegriffene Untersuchung gemacht, und einer vom Vereinslaboratorium vorzunehmenden Untersuchung.

Die Grundlage für jede Samenprüfung ist eine richtige Probenahme. Es mögen deshalb die Probenahmevorschriften, so wie sie vom Verband landwirtlicher Versuchsstationen im Deutschen Reiche aufgestellt sind, aufgeführt werden.

Probenahmevorschriften.[1])

1. Probeziehung.

Zur Erlangung eines zuverlässigen Durchschnittsmusters wird für alle Untersuchungszwecke nachstehendes Verfahren empfohlen:

a) Bei gesackter Ware sind von Klee, Getreide, Koniferen und anderen leicht fließenden Samenarten aus jedem Sacke oben, in der Mitte und unten kleine Mengen zu entnehmen, und zwar bei 1—20 Säcken aus jedem Sack, bei mehr als 20—100 Säcken aus mindestens 20 Säcken; die einzelnen Teile sind zusammenzumischen. Bei Posten von mehr als 100 Säcken empfiehlt es sich, mehrere Durchschnittsmuster zu ziehen und untersuchen zu lassen. Jedes solcher Muster soll aus nicht mehr als 100 Säcken stammen.

Zur Entnahme der Proben wird die Benützung von Korn- bezw. Kleeprobenstechern empfohlen.

b) Bei gesackten, schwer fließenden Sämereien, wie Rübenknäueln, den meisten Grasfrüchten usw. muß die entsprechende Zahl von Säcken ausgeschüttet und die Ware gut durchgearbeitet werden; aus dem ganzen Haufen ist dann die Durchschnittsprobe nach dem nachstehend unter c angegebenen Verfahren zu entnehmen.

---

[1]) Die landwirtschaftlichen Versuchs-Stationen. Technische Vorschriften für die Prüfung von Saatgut. Jahrgang 1913, Verlag von Paul Parey.

c) Bei lose lagernder Ware sind aus dem Innern des Haufens, von oben, aus der Mitte und von unten, im ganzen von mindestens zehn Stellen kleine Mengen zu nehmen und diese zu mischen.

Die Probenahme von gekaufter Saatware muß tunlichst sofort nach Empfang der Ware unter Zuziehung eines einwandfreien Zeugen geschehen.

Das aus den zusammengemischten kleinen Mengen hergestellte Durchschnittsmuster ist in drei möglichst gleichmäßige Teile zu teilen (bei Rüben unter Berücksichtigung der speziellen Vorschriften, S. 17) und diese drei, in trockene, feste Behälter zu verpackenden Proben sind von dem Zeugen mit eigenem Siegel zu versiegeln bezw. zu plombieren.

Eine Probenahmebescheinigung des Zeugen, aus der zu ersehen ist, daß die Proben in ordnungsmäßiger Weise in Gegenwart des Zeugen genommen und von ihm versiegelt wurden, ist der einzusendenden Probe beizufügen; die beiden anderen Proben sind in einem ungeheizten, trockenen Raume zu etwaigen weiteren Untersuchungen aufzubewahren.

Samenproben, die auf ihren Wassergehalt untersucht werden sollen, sind stets in Gläsern oder Blechbüchsen luftdicht zu verschließen. Mit Korkstopfen versehene Gläser und Blechbüchsen sind zu diesem Zwecke mit Siegellack, Kautschukpflaster, Wachs oder dergleichen abzudichten. Eingeschliffene Glasstopfen sind einzufetten.

Bei Sämereien, bei denen sowohl Wassergehalt als Keimfähigkeit bestimmt werden sollen, sind zur Untersuchung tunlichst zwei Proben, eine luftdicht verschlossen, eine gewöhnlich verpackt, einzusenden.

Für die Einsendung, von auf Keimfähigkeit zu prüfenden Proben eignen sich am besten feste Leinwandbeutel oder starke Doppeldüten; luftdichter Einschluß solcher Proben ist zu vermeiden.

2. Für die Untersuchung einzusendende Samenmenge.

Die für eine vollständige Untersuchung einzusendende Samenmenge soll möglichst betragen:

50 g von Grasfrüchten, Bastardklee, Weißklee, Spörgel, Kümmel, Möhren und anderen feinkörnigen Sämereien;

100 g von Rotklee, Luzerne, Esparsette, Raps, Lein, Nadelhölzern, Esche, Hainbuche, Wicke und anderen Samen ähnlicher Größe.

200 g von Getreide, auch Mais, Bohnen, Rübenknäueln, Rotbuche und ähnlich großen Samen.

1½ l zur Bestimmung des Volumengewichts von Getreide.

Bei besonders feinkörnigen Samenarten, die nicht in sehr großen Posten gehandelt werden, wie z. B. bei Tabak, genügen 5—10 g.

Bezüglich der Sämereien von Gemüse- und Gewürzpflanzen vergleiche den besonderen Teil.

Die Ausführung der Keimprüfung.

Was diese betrifft, so gelten als zulässige Keimbetten starkes Filtrierpapier, reiner Quarzsand, unglasierte Tonschälchen und Schälchen aus möglichst reiner

Papiermasse. Die Wahl des Keimbettes hängt ab von der zu prüfenden Samenart. Zur Anfeuchtung des Keimbettes dient reines Brunnen-, Leitungs- oder Quellwasser. Der einfachste Keimapparat ist ein gewöhnlicher Teller, welchen man für Getreide- und Leguminosensamen mit Sand beschickt, mit einer Glasplatte bedeckt und darüber noch einen kleineren Teller legt. Kleinere Samen, wie z. B. Kleesamen, läßt man in diesen Tellern auf Filtrierpapier keimen. Mit Ausnahme einzelner Samenarten soll der Keimprozeß bei konstanter Temperatur von 20° C. vor sich gehen, welche man bei einzelnen Samenarten, wie bei Rübensamen, 6 Stunden täglich auf 30° C. erhöht.

Zweites Kapitel.

Die Ernährung der grünen Pflanze.

Dieses große Kapitel wollen wir uns nach den einzelnen Nährstoffen der grünen Pflanze einteilen und zuerst besprechen die gasförmigen Nährstoffe (Kohlensäure und Sauerstoff), darauf das Wasser als flüssigen Nährstoff und zum Schluß die festen Nährstoffe, die stickstoffhaltigen und mineralischen.

1. Die Kohlensäure.

Von dem Augenblick des Ergrünens und des Eintretens der Pflanze in die Wirkung des Lichtes hört die Trockensubstanzabnahme, welche wir bei der Keimpflanze kennen gelernt haben, auf und die Pflanze nimmt unter normalen Vegetationsverhältnissen stetig an Gewicht zu. Diese Zunahme besteht hauptsächlich aus Kohlenstoffverbindungen. Der für diese Kohlenstoffverbindungen notwendige Kohlenstoff wird ausschließlich oder fast ausschließlich durch die Kohlensäure der Atmosphäre geliefert.

Dieser Vorgang, bei dem fortwährend von der Pflanze Kohlensäure aufgenommen und Sauerstoff ausgeatmet wird, ist erst allmählich erkannt und aufgeklärt worden.[1]) Die ersten Beobachtungen, welche nach dieser Richtung hin gemacht wurden, stammen wohl von Bonnet, welcher um die Mitte des 18. Jahrhunderts beobachtete, daß in Wasser liegende und von der Sonne beschienene Pflanzen ein Gas ausatmen und daß diese Gasausscheidung in ausgekochtem Wasser unterbleibt. Eine Erklärung für diese Erscheinung konnte Bonnet nach dem damaligen Stande der Chemie selbstverständlich noch nicht geben. Dann war es Priestley, der Entdecker des Sauerstoffs, welcher fest-

[1]) Näheres hierüber A. Nathansohn, Stoffwechsel der Pflanzen. Leipzig, Verlag von Quelle & Meyer, 1910.

stellte, daß eine Verbrennung in einer abgeschlossenen Atmosphäre die betreffende Luftmenge zur weiteren Unterhaltung der Verbrennung unfähig macht und gleichzeitig feststellte, daß Pflanzen imstande sind, diese für die Verbrennung und Atmung untaugliche Luft wieder tauglich für diese Prozesse macht. Veranlaßt durch diese Beobachtungen Priestleys, stellte Ingenhousz eine große Anzahl von Versuchen an, aus denen hervorging, daß die von Priestley beobachtete Ausscheidung von freiem Sauerstoff nur dann stattfindet, wenn die Pflanzen belichtet sind und im Dunkeln dagegen nur Kohlensäure ausscheiden. Er machte ferner die Beobachtung, daß nicht alle Pflanzenteile imstande sind, freien Sauerstoff auszuscheiden, sondern daß dieser Vorgang sich nur in den grünen Teilen, speziell in den Blättern der Pflanze, abspielt. Über das wahre Wesen des ganzen Vorgangs konnte sich Ingenhousz aber noch keine richtigen Vorstellungen machen. Daß die Pflanzen durch ihre Tätigkeit die Atmosphäre reinigen, die von den atmenden Tieren verdorbene Luft wieder tauglich für die Atmung machen, das ist es hauptsächlich gewesen, was diesen Forscher und andere damals bewegte. Von Ingenhousz' Beobachtungen über die Sauerstoffausscheidung der Pflanzen wird folgendes gesagt: „Diese Entdeckungen zeigen uns deutlich, daß keine Pflanze umsonst wächst; von der Eiche im Walde bis zu dem Kraut auf den Feldern, sind alle Pflanzenindividuen dem Menschengeschlechte nützlich, und auch die Pflanzen, die anscheinend keine besonderen Vorzüge besitzen, tragen doch im Verein mit allen anderen dazu bei, unserer Atmosphäre den Reinheitsgrad zu geben, der für das tierische Leben notwendig ist. Auch die Giftpflanzen wirken an dieser nützlichen Arbeit mit, ebensogut wie die, die sich auch durch andere Vorzüge auszeichnen. Endlich tragen auch die Kräuter und die Wälder der entferntesten Länder und auch der unbewohnten Gegenden zu unserer Erhaltung bei."

Der erste Forscher, welcher nachwies, daß zur Ausscheidung des Sauerstoffs die Anwesenheit von Kohlensäure notwendig ist, war Senebier. Er zeigte durch einwandfreie Versuche, daß die grüne Pflanze die Kohlensäure der Luft entnimmt und dafür Sauerstoff ausscheidet. Diese Untersuchungen bilden die Grundlage für die Forschungen von de Saussure. Dieser Forscher erzog vergleichsweise Keimlinge teils unter normalen Bedingungen, teils bei Entziehung von Licht, wobei keine Kohlensäurezersetzung stattfinden konnte. Er zeigte, daß im Licht die Pflanzen an Trockensubstanz zunehmen, im Dunkeln daran abnehmen. Er stellte also auf diese Weise fest, daß die Kohlensäurezersetzung zur Bildung von organischer Substanz dient. Da aber de Saussure immer noch an der alten Humustheorie hing, so durchschaute er nicht die volle Bedeutung der Kohlensäureassimilation. Daß tatsächlich durch die Kohlensäureassimilation die gesamte oder nahezu gesamte organische Substanz in der Pflanze gebildet wird, wurde erst mit dem Sturze der Humustheorie durch Liebig klar. Dieser bekämpfte mit aller Energie die Humustheorie und überzeugte Forscher und Praktiker davon, daß die Pflanzen aus dem Boden fast ausschließlich nur die mineralischen Nährstoffe nehmen, als Kohlenstoffquelle dagegen die atmosphärische Luft benutzen. Studien über die Abhängigkeit der Assimilation von dem grünen Farbstoff der Pflanze, dem Chlorophyll, und über die Assimilationsprodukte sind dann später

angestellt von Dutrochet, de Candelle, Unger, Bousingault und ganz besonders von Hugo von Mohl. Der letztere untersuchte die verschiedenen Gestalten der Chlorophyllkörper in verschiedenen Pflanzen und konstatierte, daß sich in ihnen Einschlüsse finden, die er mit Hilfe der Jodreaktion als Stärkekörnchen erkannte. Über die Beziehung der gebildeten Stärkekörnchen zum Chlorophyll konnte er sich noch keine klaren Vorstellungen machen. So hat denn erst Sachs durch eingehende Untersuchungen festgestellt, daß die Stärkekörner keine ständigen Bestandteile des Chlorophylls sind, sondern daß sie als Ablagerungsprodukt der Kohlensäureassimilation auftreten, an der Stätte ihrer Bildung wieder verschwinden und immer wieder von neuem als Assimilationsprodukt erscheinen.

Daß die Kohlensäure der Atmosphäre die Kohlenstoffquelle für die Pflanzen darstellt, können wir mit unseren heutigen Forschungsmitteln leicht nachweisen. Wir sehen, daß sich Sand- und Wasserkulturen in üppigster Weise bei genügendem Vorrat von Mineralstoffen entwickeln, ohne daß ihnen irgend eine Kohlenstoffquelle in dem Sande oder Wasser zur Verfügung steht; es kann demnach hier für die Bildung der organischen Substanz nur die Kohlensäure der Atmosphäre in Frage kommen. Dann können wir auf leichte Weise mit Hilfe der Gasanalyse die Aufnahme der Kohlensäure seitens der Pflanze und die Abgabe von Sauerstoff feststellen und gleichzeitig konstatieren, daß die Menge der gebildeten organischen Substanz der Menge der aufgenommenen Kohlensäure entspricht.

Somit steht die Tatsache fest, daß die grüne Pflanze unter dem Einflusse des Sonnenlichtes Kohlensäure aufnimmt und Sauerstoff ausscheidet unter Bildung organischer Substanz:

1. $6\,CO_2 + 6\,H_2O = C_6H_{12}O_6 + 6\,O_2$
   6 Mol. Kohlensäure + 6 Mol. Wasser = Zucker + 6 Mol. Sauerstoff

2. $x\,C_6H_{12}O_6 - x\,H_2O = (C_6H_{10}O_5)\,x$
   x Mol. Zucker — x Mol. Wasser = Stärkemehl.

Näheres hierüber später.

Die Bedingungen der Kohlensäureassimilation.

a) Die Anwesenheit von Kohlensäure.

Diese ist überall vorhanden, in der Luft, im Wasser, in der Erde, aber in mehr oder minder starker Verdünnung. So enthält unsere Atmosphäre nur etwa 0,03% Kohlensäure, im Sommer etwas weniger als im Winter. In Städten, bewohnten Räumen und Ställen ist der Kohlensäuregehalt der Luft ein höherer. Noch höher ist der Kohlensäuregehalt der Bodenluft infolge der sich dort abspielenden bakteriologischen Vorgänge, speziell der Verwesungsvorgänge.

Trotz des geringen prozentischen Gehaltes der Luft an Kohlensäure, steht doch den Pflanzen in dem Kohlensäurevorrat der Luft eine reichliche Kohlenstoffquelle zur Verfügung. Die absolute Menge an Kohlensäure in der atmosphärischen Luft hat man auf 3000 Billionen Kilogramm berechnet, in denen 800 Billionen

Kilogramm Kohlenstoff enthalten sind. Durch die stete Luftbewegung kommen stets neue Mengen von Kohlensäure mit der Pflanze in Berührung; außerdem wird die von der Pflanze verbrauchte Kohlensäuremenge fortwährend ersetzt: 1. durch den tierischen Atmungsprozeß, 2. durch die verschiedenen Verbrennungsprozesse und durch vulkanische Tätigkeit und 3. durch die verschiedenen bakteriologischen Prozesse, speziell Verwesungs- und Fäulnisprozesse. Ein erwachsener Mensch atmet täglich etwa 900 g Kohlensäure aus, die ganze Menschheit zu 1400 Millionen gerechnet also allein schon täglich etwa 1200 Millionen Kilogramm Kohlensäure, demnach pro Jahr 438000 Millionen Kilogramm Kohlensäure. Hiernach kann man sich ein Bild machen von den Mengen Kohlensäure, welche die gesamte Tierwelt beim Atmungsprozeß liefert. Dazu kommen die außerordentlich großen Mengen von Kohlensäure, welche durch die Bodenbakterien, speziell bei der Verwesung und Fäulnis, erzeugt werden. Auch die bei den Verbrennungen erzeugte Kohlensäuremenge ist eine außerordentlich große; nach den Angaben von Credner liefern sämtliche Schornsteine der Erde etwa 1 Billion 265000 kg Kohlensäure.[1]) Die Aufnahme der Kohlensäure erfolgt durch die Spaltöffnungen der Blätter, bei den Landpflanzen aus der Luft, bei den Wasserpflanzen aus dem Wasser. Die letzteren nehmen nicht nur die im Wasser gelöste Kohlensäure auf, sondern sie entnehmen auch die Kohlensäure den im Wasser gelösten Bikarbonaten.

Der Kohlensäuregehalt der Luft stellt nicht das Optimum für die Bildung der organischen Substanz dar; dieses liegt bei einer Konzentration von etwa 1%, also ungefähr der 30fachen Menge des Kohlensäuregehaltes der Atmosphäre. Eine weitere Steigerung bleibt zunächst ohne Einfluß, während bei noch höheren Konzentrationen wieder eine Abnahme der Assimilation stattfindet, da die Kohlensäure in höherer Konzentration giftig für die Pflanzenzelle ist. Jedenfalls steht aber fest, daß durch eine Steigerung des Kohlensäuregehaltes der Luft die Produktion wesentlich erhöht werden kann. Eine solche lokale Kohlensäureanreicherung hat aber für die Praxis keine Bedeutung, da sie zu kostspielig ist und die erzeugte Kohlensäure durch die Luftbewegung fortgeführt werden würde. Der Verfasser hat in Gemeinschaft mit seinen Mitarbeitern durch zahlreiche Versuche festgestellt, daß Höchsterträge von Wurzelfrüchten (Rüben und Kartoffeln) mit höchsten Gaben von künstlichen Düngemitteln nicht zu erreichen sind, sondern nur bei gleichzeitiger Anwendung von organischen Stoffen (Stalldünger oder Gründüngung). Als Grund hierfür hat er bisher immer angeführt die Lockerung des Bodens und die Erwärmung desselben durch die organischen Stoffe, Momente, für welche gerade die Wurzelfrüchte besonders dankbar sind. Möglich aber ist es nun auch, daß eine gewisse Ertragssteigerung bei den Wurzelfrüchten durch die organischen Stoffe dadurch erfolgt, daß dieselben bei ihrer Zersetzung im Boden große Mengen von Kohlensäure entwickeln, die zum Teil von diesen Früchten, welche mit ihren

[1]) Strasburger, Jost, Schenck, Karsten, Lehrbuch der Botanik. Jena, Verlag von Gustav Fischer, 1911.

Blättern den Ackerboden bedecken, aufgenommen wird, während dies bei anderen Früchten, wie z. B. dem Getreide nicht oder nicht in dem Maße der Fall sein dürfte.

Andere gasförmige Kohlenstoffverbindungen, wie Kohlenoxyd, Kohlenwasserstoff usw. sind als Kohlenstoffquelle für die Pflanze nicht geeignet; das Kohlenoxyd ist sogar ein heftiges Pflanzengift. Außer der Kohlensäure können die Pflanzen auch den Kohlenstoff in Form von löslichen Kohlenstoffverbindungen durch die Wurzeln aus dem Boden aufnehmen. Als Kohlenstoffnahrung haben aber diese Substanzen keine Bedeutung. Amide, wie Harnstoff, Guanin, Asparagin usw. spielen als Kohlenstoffnahrung für die Pflanze keine Rolle, sondern nur als Stickstoffquelle.

b) Die Anwesenheit aller anderen für das Pflanzenleben nötigen Nährstoffe insbesondere die Anwesenheit von Wasser.

Das Wasser dient erstens, wie wir gesehen, direkt mit zur Bildung der organischen Substanz, zweitens zur Unterhaltung des Assimilationsvorganges im übrigen, da sich kein Lebensvorgang in den Pflanzen ohne einen genügenden Wasservorrat vollziehen kann. Welche hohe Bedeutung gerade das Wasser für die Bildung der organischen Substanz hat, geht aus der mangelhaften Produktion in wasserarmen Jahren, aus der hohen Produktion in wasserreichen Jahren hervor.

c) Die Wärme.

Die Wärme ist nur insofern ein für den Assimilationsprozeß in Frage kommender Faktor, als dieser Vorgang, wie alle Lebensvorgänge, nur innerhalb gewisser Temperaturgrenzen stattfinden kann. Die Assimilation beginnt bei 0° C. herum und erreicht ihren Höhepunkt bei ca. 37° C., während sie bei ca. 45° C. zum Stillstand kommt. Dagegen steht mit Sicherheit fest, daß die Wärme nicht die zur Reduktion der Kohlensäure nötige Energiequelle darstellt. Wäre dies der Fall, so müßte die Intensität der Assimilation in einem direkten Verhältnis zu den der Pflanze zugeführten Wärmemengen stehen. Das trifft, wie das Experiment gezeigt hat, nicht zu.

d) Das Licht.

Bei der Produktion von organischer Substanz findet ein Reduktionsprozeß statt, indem aus der von der Pflanze aufgenommenen Kohlensäure Sauerstoff abgespalten wird. Für diese Spaltung der Kohlensäure ist eine Energiequelle notwendig. Weshalb? Vereinigen sich zwei chemische Elemente miteinander, so tritt für gewöhnlich Wärme auf, in dem die den Elementen innewohnende Spannkraft (potentielle Energie) frei wird. So bilden sich z. B. aus 1 kg Wasserstoff und 8 kg Sauerstoff nicht nur 9 kg Wasser, sondern es tritt bei der Vereinigung von Wasserstoff und Sauerstoff auch eine starke Wärmeentwicklung auf:

1 kg Wasserstoff + 8 kg Sauerstoff = 9 kg Wasser + 34462 Cal

2 : 16

H_2 O

Hiernach beträgt die bei diesem Prozeß freiwerdende Wärmemenge 34462 Cal, eine Wärmemenge, welche imstande ist, 34462 kg Wasser um 1° C. zu erwärmen. Soll nun umgekehrt das Wasser in seine beiden Bestandteile Wasserstoff und Sauerstoff zerlegt werden, so ist hierzu eine Energiequelle notwendig und zwar bedarf es zur Spaltung des Wassers genau soviel Energie als bei der Vereinigung der Elemente frei wurde.

Das gleiche gilt für den Kohlenstoff und den Sauerstoff. Vereinigen sich Kohlenstoff und Sauerstoff, wie dies ja bei der Verbrennung der Fall ist, so tritt Wärme auf:

1 kg Kohlenstoff + $2^2/_3$ kg Sauerstoff = $3^2/_3$ kg Kohlensäure + 9600 Cal
12 : 32
C : O_2

Es liefert also 1 kg Kohlenstoff bei der Verbrennung zu Kohlensäure eine Wärmemenge, welche 9600 Cal beträgt. Soll nun, wie es bei der Produktion der organischen Substanz der Fall ist, umgekehrt aus der Kohlensäure Sauerstoff abgespalten werden, so ist eine besondere Energiequelle notwendig. Da nun diese Energiequelle nicht in der Wärme zu finden war, haben wir dieselbe in dem Sonnenlicht zu suchen. Es steht nun auch, wie Versuche gezeigt haben, die Produktion von organischer Substanz bis zu einer gewissen Lichtintensität in direktem Verhältnis zu den zugeführten Lichtmengen. Es geht dies z. B. hervor aus Versuchen von v. Wolkoff:[1])

Ceratophyllum demersum.

	Aus dem Abstand von der Lichtquelle berechnete Lichtintensität	Zahl der Sauerstoffblasen pro Min.	Quotient
I. Versuchsreihe. . .	80	16	5,0
	120	25	4,8
	200	41	4,8
II. Versuchsreihe. . .	100	25	4,0
	200	50	4,0
	150	36	4,1
	120	30	4,0

Aus den Zahlen geht also hervor, daß die Intensität der Reduktion, welche in den gebildeten Sauerstoffblasen zum Ausdruck kommt und gleichbedeutend ist mit der Produktion von organischer Substanz, in direktem Verhältnis steht zu den zugeführten Lichtmengen.

Wollny fand bei Gefäßversuchen folgende Zahlen:

	Sommerweizen lufttrocken		Kartoffeln
	Körner	Stroh	Knollen
	g	g	g
Starkes Licht . .	9,39	16,70	58,2
mittleres Licht . .	4,62	9,30	33,5
schwaches Licht . .	3,09	6,30	27,7

[1]) Pringsheim, Jahrbücher V. Auch A. Mayer, Agrikulturchemie, Bd. I.

Hierdurch ist der Beweis erbracht, daß das Licht die zur Erzeugung von organischer Substanz notwendige Energiequelle darstellt.

Energie kann nun niemals vernichtet werden, ebensowenig wie sie aus nichts geschaffen werden kann. Alle Vorgänge in der Natur beruhen nur auf Umwandlungen von Energie. Die gesamte, im Weltall vorhandene Energiemenge ist eine unveränderliche Größe. Dieses durch alle Erfahrungen bestätigte Grundgesetz der Naturerscheinungen wird das Prinzip der Erhaltung der Kraft genannt. (Robert Mayer, 1842.) Schall, Wärme, Licht, Elektrizität, mechanische Energie, chemische Trennungen und Verbindungen sind nur verschiedene Erscheinungsformen ein und desselben Wesens. In den grünen Blättern der Pflanze wird durch die Sonnenstrahlen die Kohlensäure der Luft zerlegt, wobei Sauerstoff abgespalten und der zurückbleibende Kohlenstoff zum Aufbau organischer Stoffe verwendet wird. In dem Holze eines Baumes findet sich die gesamte Energie der Sonnenstrahlen, welche zu seiner Bildung im Laufe der Jahre gebraucht wurde als potentielle Energie aufgespeichert und kommt als aktuelle Energie in Form von Licht oder Wärme unverändert zum Vorschein, wenn das Holz durch Verbrennung wieder in Kohlensäure umgewandelt wird. Das gleiche gilt von der Kohle und anderen Pflanzenresten, in welchen große Mengen der Sonnenenergie niedergelegt sind.

Der gleiche Vorgang findet im tierischen Organismus statt. Werden dem tierischen Organismus die von den Pflanzen aufgebauten organischen Substanzen zugeführt, so wird der Kohlenstoff durch den eingeatmeten Sauerstoff zu Kohlensäure verbrannt und hierbei die gleiche Menge von Energie frei, welche die Pflanze vom Sonnenlicht zum Aufbau jener Substanzen bezog. Die beim tierischen Respirationsprozeß freiwerdende Energie dient dem Tiere für die Unterhaltung seines Lebens und für alle Kraftäußerungen. Alle Wärme, alle mechanische Arbeit, mag sie von dem Tiere oder von der Dampfmaschine oder auf irgend eine andere Art und Weise geleistet werden, alle diese Kräfte und Arbeitsleistungen sind durch die grüne Pflanzenzelle gegangen, entstammen dem Sonnenlicht.

Knop erzählt in seinem Lehrbuche der Agrikulturchemie im ersten Kapitel, wo von dem Übergange der Kräfte ineinander die Rede ist, folgende interessante Anekdote, die er der Biographie des älteren Stephenson, des Erfinders der Lokomotive, entlehnt:

„Eines Sonntags, als man eben aus der Kirche zurückgekommen war stand die ganze Gesellschaft, und unter ihr Stephenson und Buckland, auf der Terrasse neben dem Schlosse Drayton und schaute einem Bahnzuge nach, der in der Ferne blitzschnell vorüberflog und einen langen Streifen weißen Dampfes hinter sich ließ. Nun Buckland, wandte Stephenson sich zu dem berühmten Geologen, nun sollen Sie mir eine Frage beantworten, die vielleicht nicht ganz leicht ist. Können Sie mir sagen, welcher Art die Kraft ist, die jenen Zug dort fortbewegt? Nun, erwiderte der Geologe, ich sollte meinen,

die bewegende Kraft ist eine Ihrer großen Maschinen. Ja aber was treibt die Maschine? Oh höchstwahrscheinlich einer Eurer Newcastler Lokomotivführer. Nein, das Sonnenlicht! Wie kann das sein, fragte der Doktor. Ich sage Ihnen, es ist nichts anderes, entgegnete der Ingenieur; es ist das Licht, das seit vielen Tausenden von Jahren in der Erde aufbewahrt liegt; Licht, das von Pflanzen absorbiert wird, ist zur Verdichtung des Kohlenstoffs während ihres Wachstums nötig, und nachdem dieses Licht so lange Jahre in Kohlenfeldern begraben gewesen, wird es wieder zutage gefördert und muß, frei gemacht wie bei dieser Lokomotive, großen menschlichen Zwecken dienen."

Welche Strahlengattungen beteiligen sich in erster Linie an der Assimilation? Das Licht kann nur da seine Wirkung ausüben, wo es absorbiert wird. Spektralbereiche, in denen keine Absorptionsbänder enthalten sind, sind unwirksam, weil ihre Strahlen durch das betreffende Medium hindurchgehen, infolgedessen auch nicht in andere Energieformen umgewandelt werden können. Frühere Untersuchungen schienen zu zeigen, daß das Intensitätsmaximum der Assimilation im gelben Spektralgebiet liegt. Aus späteren Untersuchungen geht sicher hervor, daß das Maximum der Assimilationsintensität im Spektrum mit der Region des kräftigen Absorptionsbandes im Rot zusammenfällt.[1])

Auch irdische Lichtquellen, wie z. B. das elektrische Bogenlicht oder das Kalzium- und Magnesiumglühlicht können nach Maßgabe der darin vertretenen Strahlen und ihrer Intensität die für die Produktion nötige Energie liefern. Man kann demnach, wie auch Versuche zeigten, durch diese eine Vermehrung der Produktion bezw. eine Verkürzung der Vegetationsdauer hervorrufen. Wegen der Kostspieligkeit haben aber derartige Lichtquellen bisher eine praktische Anwendung im großen nicht gefunden.

Aus dem Vorangegangenen ergibt sich, daß eine Assimilation von Kohlensäure und damit eine Produktion von organischer Substanz nur unter der Mitwirkung des Lichtes stattfinden kann. Eine unter Lichtabschluß wachsende (etiolierte) Pflanze verhält sich ebenso wie das hungernde Tier, d. h. sie zehrt von ihrer Körpersubstanz, nimmt also ständig an Trockensubstanz ab und kann nur solange leben, als ihr Vorrat an Reservestoffen ausreicht. Sie nimmt dabei schlaffe, in die Länge gezogene Formen an und zeigt eine fahle, gelbliche Farbe. Auch ist sie ohne jede Widerstandskraft gegen äußere Einflüsse.

e) Der Chlorophyllapparat.

Da der Assimilationsprozeß sich nur in der grünen Pflanze und auch hier nur in den grün gefärbten Teilen vollzieht, so muß dieser Vorgang in einem gewissen Zusammenhang mit dem grünen Farbstoff der Pflanze (Chlorophyll) stehen. Dies ist nun auch der Fall. Das Chlorophyll absorbiert die wirksamen Sonnenstrahlen, welche für die Produktion der organischen Substanz dienen. Um möglichst

[1]) Nathansohn, Stoffwechsel der Pflanzen. Leipzig, Verlag von Quelle & Meyer, 1910.

viel Licht aufsaugen zu können, richten die Blätter 1. ihre Stellung danach ein, 2. ihre Oberfläche, welche sie immer zu vergrößern bestrebt sind, indem sie zahlreiche Faltungen entwickeln. Das eigentliche Organ der Kohlensäureassimilation sind gewisse chlorophyllführende Einlagerungen im Protoplasma, welche wir Chlorophyllkörner oder Chloroplasten nennen. Die Tätigkeit dieser Organe ist an die lebende Pflanzenzelle gebunden. Weder der isolierte Farbstoff noch die des Chlorophylls beraubten Chlorophyllkörner können die Kohlensäureassimilation vermitteln. Der grüne Farbstoff ist in Alkohol und anderen Lösungsmitteln löslich und läßt sich durch Extrahieren mit solchen Lösungsmitteln leicht gewinnen. Die alkoholische Lösung erscheint bei durchfallendem Licht grün, bei auffallendem rot infolge ihrer Fluoreszenz. Nach neueren Untersuchungen haben wir es mit mehreren grünen Farbstoffen zu tun, Verbindungen, welche aus Kohlenstoff, Sauerstoff, Wasserstoff, Stickstoff und etwas Magnesium bestehen, während dieselben frei von Phosphor und Eisen sein sollen. Neben den grünen Farbstoffen treten auch noch gleichzeitig andere Farbstoffe in der Pflanze auf, hauptsächlich das orangerote Karotin und das gelbe Xantophyll. Bevor die Holzgewächse im Herbst ihre Blätter verlieren, werden die Chlorophyllkörper abgebaut und wandern in Form der Abbauprodukte in den Stamm. Zurück bleiben andere Farbstoffe, gelbe und rote, worauf die Verfärbung der Laubblätter zurückzuführen ist.

Für den Prozeß des Ergrünens sind folgende Bedingungen notwendig: 1. Das Licht. Die Blätter von im Dunkel gewachsenen Pflanzen sind gelb gefärbt. Solche etiolierten Pflanzen ergrünen bald, wenn sie Licht erhalten. Die Keimpflanzen einiger Koniferen, junge Farnwedel und einige Algen bilden insofern eine Ausnahme, als sie auch im Dunkeln ergrünen. Für das Ergrünen ist Licht von mittlerer Intensität am günstigsten. 2. Die Temperatur. Für das Ergrünen gibt es eine bestimmte untere und eine bestimmte obere Grenze und dazwischen eine Temperatur, bei welcher das Ergrünen am schnellsten vor sich geht. Es zeigen dies z. B. Versuche von Wiesner[1]) mit etiolierten Gerstenkeimlingen:

Bei	2— 4° C.	kein Ergrünen					
„	4— 5° C.	Ergrünen	nach	7	Stunden	15	Minuten
„	10° C.	„	„	3	„	30	„
„	18—19° C.	„	„	1	„	40	„
„	30° C.	„	„	1	„	35	„
„	37—38° C.	„	„	4	„	—	„
„	40° C.	kein Ergrünen.					

Hiernach fand bei eine Temperatur von 2—4° C. noch kein Ergrünen statt am schnellsten fand das Ergrünen bei 20—30° C. statt, während es bei einer Temperatur von 40° C. wieder unterblieb. Die für das Ergrünen in Frage kommenden Temperaturen sind bei den verschiedenen Pflanzen etwas verschieden. 3. Der Sauerstoff. Dieser ist für das Ergrünen ebenfalls nötig. Etiolierte

[1]) Palladin, Pflanzenphysiologie. Berlin, Verlag von J. Springer, 1911.

Blätter bleiben im sauerstofffreien Raum auch im Lichte gelb. 4. Gewisse Mengen von Aschenbestandteilen, speziell von Eisen. Ohne Eisen bleiben die Pflanzen gelb, sie leiden unter Chlorose. Das Eisen ist daher notwendig zur Bildung des Chlorophylls, dagegen ist es kein Bestandteil desselben.

Die Kohlensäure ist für den Prozeß des Ergrünens nicht notwendig. Die Tatsache, daß die Pflanze auch bei Abwesenheit von Kohlensäure ergrünt, beweist, daß die Chlorophyllbildung noch nicht zum Assimilationsvorgang gehört.

Die Produkte der Assimilation und ihre Veränderungen.

Als erstes Assimilationsprodukt ist in dem vorigen Abschnitt der Traubenzucker (Dextrose) genannt und als weitere Ablagerungsform das hochmolekulare Stärkemehl. Nach den neueren Untersuchungen muß man nun bestimmt annehmen, daß nicht direkt aus Kohlensäure und Wasser der Traubenzucker entsteht, sondern zunächst ein einfacherer Körper und zwar das Formaldehyd. Wir hätten es demnach mit folgenden Vorgängen zu tun:

$$CO_2 + H_2O = CH_2O + O_2$$

1 Mol. Kohlensäure + 1 Mol. Wasser = 1 Mol. Formaldehyd + 1 Mol. Sauerstoff

$$6\,CO_2 + 6\,H_2O = 6\,CH_2O + 6\,O_2$$

6 Mol. Kohlensäure + 6 Mol. Wasser = 6 Mol. Formaldehyd + 6 Mol. Sauerstoff

$$6\,CH_2O = C_6H_{12}O_6$$

6 Mol. Formaldehyd = 1 Mol. Dextrose

$$x\,C_6H_{12}O_6 - x\,H_2O = (C_6H_{10}O_5)\,x$$

x Mol. Dextrose — x Mol. Wasser = Stärkemehl.

6 Moleküle des zuerst aus 1 Mol. Kohlensäure und 1 Mol. Wasser gebildeten Formaldehyds würden demnach zunächst zu 1 Mol. Traubenzucker (Dextrose) zusammentreten, aus dem dann durch Kondensation einer größeren Anzahl von Molekülen das hochmolekulare Stärkemehl entsteht.

Soweit die Dextrose als solche in den Blättern verbleibt, kann, da diese löslich, eine direkte Wanderung der Kohlehydrate stattfinden, dagegen muß das nichtlösliche Stärkemehl, um von Zelle zu Zelle wandern zu können, erst wieder gelöst werden. Dies geschieht ebenso wie in der Keimpflanze (siehe diese) durch Enzyme (Diastase, Maltase, Glukase), welche auch die grüne Pflanze für diese Zwecke ausscheidet. Auf diese Weise entsteht aus dem Stärkemehl wieder die lösliche wanderungsfähige Dextrose. Die Verflüssigung des Stärkemehls in der grünen Zelle ist unabhängig von der Belichtung und findet sowohl bei Tage als bei Nacht statt. Da aber am Tage mehr Stärkemehl gebildet wird, als verflüssigt werden kann, während bei Nacht lediglich Stärke weggeschafft wird, so hat es den Anschein, als ob nur in der Nacht eine Verflüssigung des Stärkemehls stattfände.

Der Teil der organischen Substanz, welcher nicht zur Kraftbeschaffung für das Leben der Pflanze verbraucht wird, wird in der Pflanze in zweckmäßig gelegenen Gewebeteilen in Form von Stärkemehl, den verschiedenen Zuckerarten, Fetten, Eiweißstoffen usw. aufgespeichert.

Aus der Dextrose, welche wir als Muttersubstanz betrachten können, entstehen:

1. Andere Kohlehydrate, wie der Rohrzucker, das Stärkemehl, die Zellulose durch Kondensation unter Wasserentziehung:

$$2\,C_6H_{12}O_6 - H_2O = C_{12}H_{22}O_{11}$$
2 Mol. Dextrose — 1 Mol. Wasser = Rohrzucker

$$x\,C_6H_{12}O_6 - x\,H_2O = (C_6H_{10}O_5)\,x$$
x Mol. Dextrose — x Mol. Wasser = Stärkemehl

$$y\,C_6H_{12}O_6 - y\,H_2O = (C_6H_{10}O_5)\,y$$
y Mol. Dextrose — y Mol. Wasser = Zellulose.

Aus den letzteren Verbindungen kann bei Bedarf wieder unter Wasseraufnahme und Spaltung die Dextrose zurückgebildet werden.

2. Fette durch Reduktion, da diese sauerstoffärmer sind als die Dextrose. Die wichtigsten in Frage kommenden Fette sind Palmitinfett $C_{51}H_{98}O_6$, Stearinfett $C_{57}H_{110}O_6$ und Oleinfett $C_{57}H_{104}O_6$. Soll z. B. Palmitinfett aus Dextrose entstehen, so sind zur Bildung von 2 Mol. Palmitinfett 17 Mol. Dextrose nötig.

$$2\,C_{51}H_{98}O_6 = C_{102}H_{196}O_{12}$$
2 Mol. Palmitinfett

$$17\,C_6H_{12}O_6 = C_{102}H_{204}O_{102} - 4\,H_2O$$
17 Mol. Dextrose

$$C_{102}H_{196}O_{98}.$$

Danach verbleiben von 17 Mol. Dextrose nach Abzug von 4 Mol. Wasser, welche einen Wärmewert nicht besitzen, $C_{102}H_{196}O_{98}$, so daß zu reduzieren sind $98 - 12 = 86$ Sauerstoff.

Zu jedem Reduktionsvorgang ist eine Energiequelle notwendig. Eine Bildung von Fetten aus Kohlehydraten, welch letztere sauerstoffreicher sind, ist also nur denkbar, wenn eine Kraftquelle zur Verfügung steht. Das Sonnenlicht stellt nun diese Kraftquelle, da die Fettbildung vom Licht unabhängig ist, direkt nicht dar; es muß also die für die Fettbildung notwendige Energie durch bereits gebildete organische Substanz erfolgen, welche verbrennt und für die Produktion verloren geht. Tatsächlich gehören auch die fettführenden Pflanzen zu den anspruchsvollsten. Dafür erhalten wir aber auch in den Fetten Substanzen mit einem außerordentlich hohen Energiewert, welche, dem tierischen Körper zugeführt, ganz erheblich mehr zu leisten vermögen, als die Kohlehydrate, aus denen sie in der Pflanze durch Reduktion entstanden.

3. Pflanzensäuren durch Oxydation der Dextrose, da diese sauerstoffreicher sind als die Kohlehydrate:

z. B. $2\,C_6H_{12}O_6 + 9\,O_2 = 6\,C_2H_2O_4 + 6\,H_2O$
2 Mol. Dextrose + 9 Mol. Sauerstoff = 6 Mol. Oxalsäure + 6 Mol. Wasser.

Es findet also hier der umgekehrte Vorgang wie bei der Fettbildung statt. Es ist die Bildung der Pflanzensäuren aus Kohlehydraten eine teilweise Verbrennung, wobei Energie frei wird, welche die Pflanze für ihr Leben benutzen kann. Dementsprechend stellen auch die Pflanzensäuren, wie Oxalsäure, Weinsäure, Apfelsäure, Zitronensäure für den tierischen Körper Substanzen von geringerem Energiewert dar, als die Kohlehydrate.

4. Eiweißkörper durch Zusammentritt der Dextrose mit stickstoffhaltigen Gruppen. Näheres hierüber später.

2. Der Sauerstoff.

Ebenso wie das Tier und die Keimpflanze bedarf auch die grüne Pflanze zur Unterhaltung ihres Lebens des freien Sauerstoffs und unterhält so einen wahren Atmungsprozeß. Dieser Vorgang besteht in einer Aufnahme von Sauerstoff und in einer Abgabe von Kohlensäure, wobei Energie frei wird, welche der Pflanze die für ihr Leben nötige Betriebskraft liefert. Dieser Atmungsprozeß findet nicht etwa, wie man früher annahm, nur bei Nacht statt, sondern auch am Tage. Er wird am Tage nur dadurch verdeckt, daß bei dem überwiegenden Assimilationsprozeß weit mehr Sauerstoff ausgeschieden als für die Atmung verbraucht wird. In der Nacht liegt ja die Sache anders; hier kann ein Assimilationsprozeß nicht stattfinden, so daß sich der Atmungsprozeß leicht nachweisen läßt. Aber auch am Tage atmen die Pflanzen, wie dies zuerst von de Saussure, Dutrochet und vor allem von Sachs nachgewiesen ist. Bringt man eine Pflanze in einen sauerstofffreien Raum, so tritt nach einer gewissen Zeit der Tod ein. Zunächst lebt sie noch einige Zeit weiter, indem sie 1. sich den Sauerstoff abspaltet, welcher ihr in der noch vorhandenen Kohlensäure zur Verfügung steht, 2. indem sie Sauerstoff ihrer eignen Körpersubstanz, vorzugsweise der Dextrose, entnimmt, wobei stark reduzierte Substanzen entstehen, wie z. B. Alkohol. Man nennt diesen Vorgang „Intramolekulare Atmung". Diese intramolekulare Atmung kann aber die Pflanze nur eine gewisse Zeit aufrecht erhalten, da die bei der Reduktion gebildeten Substanzen Pflanzengifte sind.

Schneller hören die Lebenserscheinungen (Protoplasmabewegungen, sowie Wachstums- und Reizerscheinungen) auf, wenn man, wie es de Saussure getan, Ätzkali in einen abgeschlossenen sauerstofffreien Raum bringt, durch welches der Pflanze die Kohlensäure entzogen wird und damit eine Abspaltung von Sauerstoff aus der Kohlensäure unmöglich gemacht wird.

Bei dem Atmungsprozeß wird fortwährend ein gewisser Teil der aufgebauten organischen Substanz abgebaut, welcher für die Produktion verloren geht. Das Hauptatmungsmaterial liefert die Dextrose:

$$C_6H_{12}O_6 + 6O_2 = 6CO_2 + 6H_2O$$

Dextrose + 6 Mol. Sauerstoff = 6 Mol. Kohlensäure + 6 Mol. Wasser.

Durch diesen Organisationsvorgang wird Energie frei, welche der Pflanze als Betriebskraft dient. Bei diesem Respirationsprozeß tritt auch Wärme auf, welche sich jedoch wegen der lebhaften Transpiration, die abkühlend wirkt, schwer nachweisen läßt. Häuft man lebende Pflanzen aufeinander, wodurch die Transpiration unterdrückt wird, so ist die Selbsterwärmung leicht nachweisbar. Die Sonnenenergie kann die Pflanze zur Beschaffung der notwendigen Betriebskraft direkt nicht verwenden, sondern es muß dieselbe erst in Form von chemischer Energie aufgespeichert werden.

Da bei dem Atmungsprozeß fortwährend organische Substanz verloren geht, so kann eine Vermehrung von organischer Substanz nur dann stattfinden, wenn der Assimilationsprozeß den Atmungsprozeß überwiegt. Dies ist bei Tage in ganz erheblichem Maße der Fall.

3. Das Wasser.

Das Wasser ist der Pflanze bekanntlich ganz unentbehrlich, da sich sämtliche Stoffwechselerscheinungen in wäßriger Lösung vollziehen, und es ist insofern der wichtigste Nährstoff, als es in der Natur mehr wie alle anderen Faktoren das Wachstum und die Höhe der Ernten bedingt. Es bildet auch bei grünen Pflanzen den bei weitem in größter Menge vorkommenden Körperbestandteil. So enthalten z. B.:

	Wasser %
Wiesengras	75
Hafer, jung	84
Mais, grün	83
Rotklee, jung	83
Luzerne, jung	81
Ackerbohnen, Beginn der Blüte	85
Erbsen, „ „	85
Kartoffelkraut, jung	85
Futterrübenblätter	89
Kartoffeln, mittel	75
Futterrüben, mittel	88

Demnach enthalten grüne Pflanzen ca. 75—85% Wasser. Die Funktionen des Wassers sind bereits bei der Keimpflanze besprochen (siehe diese).

Die Wasseraufnahme.

Die Aufnahme des Wassers erfolgt fast ausschließlich durch die Wurzeln. Die oberirdischen Organe der Landpflanzen nehmen weder flüssiges Wasser, noch Wasser in Dampfform in nennenswerter Weise auf. Eine Ausnahme machen stark abgewelkte Blätter. Die erfrischende Wirkung des Taues beruht nicht auf einer direkten Wasserzuführung, sondern darauf, daß die Pflanzen an eine mit

Wasserdampf gesättigte Atmosphäre weniger Wasser abgeben, als an eine trockene. Wir haben es also hier mit einer wassersparenden Wirkung zu tun.

Die Aufnahme des Wassers aus dem Boden erfolgt in der Weise, daß die Zellmembranen der Wurzeln vermöge ihrer Quellungsfähigkeit sich mit Wasser sättigen. Dieses Wasser wird ihnen dann durch den Zellinhalt entzogen, infolgedessen sich die Zellmembranen von neuem aus dem Boden mit Wasser sättigen können. Die Pflanze vermag mit ihren zahlreichen feinen Seitenwürzelchen das Wasser des Bodens in hohem Maße auszunutzen. Selbst einem sich trocken anfühlenden Boden kann sie noch lange Wasser entziehen; nur die letzten Wassermengen werden vom Boden so festgehalten, daß sie die Pflanze ihm nicht mehr zu entreißen vermag. Nach Gefäßversuchen von Sachs[1]) welkte eine Tabakpflanze in einem Tonboden bei 12%, in einem Lehmboden bei 8% und in einem Sandboden bei 1,5% Wassergehalt des Bodens. Das waren ungefähr die Wassermengen, die in den betreffenden Bodenarten in lufttrockenem Zustande enthalten waren. Um so schwerer der Boden, um so mehr Wasser hält er fest. Bei dem angeführten Versuch war die Pflanze im Sandboden mit 2% Wasser hinsichtlich ihrer Wasserversorgung noch besser gestellt als die im Lehmboden mit 8% bezw. im Tonboden mit 12% Wasser. In der freien Natur welken die Pflanzen bei Wassermangel noch weniger leicht, als bei den Gefäßversuchen, wo eine Zuführung von Wasser aus den unteren Schichten unmöglich ist. Nach den vom Verfasser angestellten Untersuchungen findet ein Verwelken der Getreidearten auf einem Lehmboden noch nicht bei einem Wassergehalt des Bodens von 6—7% statt. Die Verbreitung des Wassers innerhalb der Pflanze erfolgt auf dem Wege der Endosmose von Zelle zu Zelle und schließlich in den Gefäßen durch Kapillarität.

Der Wasseraufnahme durch die Wurzeln steht fortwährend eine Wasserabgabe durch die oberirdischen Teile auf dem Wege der Transpiration gegenüber. Diese Transpiration ist eine für die Pflanze unentbehrliche Erscheinung: sie ist hauptsächlich die Ursache der ganzen Wasser- und Stoffbewegung in der Pflanze.

Die Gesetze der Verdunstung.

1. Bei höherer Temperatur verdunstet die Pflanze mehr Wasser als bei niedriger. Dies ist selbstverständlich, ist aber auch durch wissenschaftliche Versuche bewiesen worden; so z. B. durch Versuche von Hellriegel[2]), welche er mit 7 Gerstenpflanzen pro Kulturgefäß ausführte:

---

[1]) Strasburger, Jost, Schenck, Karsten, Lehrbuch der Botanik. Jena, Verlag von Gustav Fischer, 1911.

[2]) Hellriegel, Grundlagen des Ackerbaues. Braunschweig, Verlag von F. Vieweg & Sohn, 1883.

Zeit	Größe der verdunstenden Oberfläche	Relative Feuchtigkeit der Luft %	Mittel der Tageswärme ° R	Tägliche Verdunstung der Pflanzen g
20.—22. Mai	lebhaft steigend	64,9	16,4	108
23.—25. „		70,9	9,5	102
26.—28. „		68,1	7,7	78
29.—31. Mai	mäßig zunehmend	64,1	11,9	208
1.—3. Juni		86,9	8,9	98
4.—6. „		71,0	9,5	120
7.—9. Juni	gleich bleibend	69,3	12,4	264
10.—12. „		63,5	9,9	170
13.—15. Juni	langsam abnehmend	68,9	14,2	225
16.—18. „		61,0	17,6	249
19.—21. „		66,8	13,6	211
22.—24. Juni	rascher sinkend	72,7	12,4	203
25.—27. „		84,3	9,1	91
28.—30. „		77,5	9,7	93

Diese Ergebnisse zeigen, welch großer Einfluß der Wärme auf die Verdunstung zuzuschreiben ist.

2. An eine feuchte Luft gibt die Pflanze weniger Wasser ab, als an eine trockene. Versuche, welche Hellriegel[1]) nach dieser Richtung hin mit 3 Gerstenpflanzen pro Gefäß anstellte, hatten z. B. folgendes Ergebnis:

	Gefäß 1 trockene Luft	Gefäß 2 feuchte Luft
	Verdunstete Wassermenge	
	g	g
Vom 26. Juni bis 17. Juli . . .	1233	719
Relatives Verhältnis . . .	= 100	: 58

	Gefäß 2 trockne Luft	Gefäß 1 feuchte Luft
	Verdunstete Wassermenge	
	g	g
Vom 17. bis 23. Juli	285	182
Relatives Verhältnis . . .	= 100	: 64

Wir sehen also aus diesen Zahlen, daß auch die Feuchtigkeit der Luft einen großen Einfluß auf die Höhe der Verdunstung ausübt.

3. Bei bewegter Luft ist die Verdunstung größer als bei weniger bewegter Luft. Auch hierfür hat Hellriegel durch Experimente einen Beweis erbracht.

[1]) Hellriegel, Grundlagen des Ackerbaues. Braunschweig, Verlag von F. Vieweg & Sohn, 1883.

4. Die Wasserverdunstung ist in hohem Grade abhängig von der Lebhaftigkeit des Stoffwechsels. Je höher die Produktion, desto höher die Wasserverdunstung. So übt das Licht als Hauptfaktor für die Produktion einen wesentlichen Einfluß auf die Verdunstung aus. Palladin[1]) führt in seiner Pflanzenphysiologie folgenden Versuch an, welcher mit 3 jungen Maispflanzen ausgeführt wurde:

Belichtung	Verdunstete Wassermenge g
Sonnenlicht	198
Diffuses Tageslicht	68
Dunkelheit	27

Der Wasserbedarf der Kulturpflanzen.

Die Produktion ist bis zu einer gewissen Grenze direkt proportional der im Boden vorhandenen Wassermenge, selbstverständlich unter der Voraussetzung, daß alle sonstigen Wachstumsbedingungen erfüllt sind. Über diese Grenze hinaus bedingt eine weitere Vermehrung des Wassers im Boden eine Verminderung der Produktion, weil in diesem Falle die Hohlräume des Bodens so sehr mit Wasser erfüllt werden, daß die Luft im Boden nicht genügend zirkulieren kann. Gefäßversuche, welche Hellriegel[2]) nach dieser Richtung hin anstellte, führten z. B. zu folgendem Ergebnis:

Versuchspflanze Gerste. Sandboden.

Bodenfeuchtigkeit in Prozenten der wasserfassenden Kraft	Trockensubstanz	
	Körner g	Stroh und Spreu g
80	8,767	10,926
60	9,957	12,806
40	10,507	11,253
30	9,730	10,035
20	7,748	6,872
10	0,724	2,285
5	—	0,123

Wir sehen aus diesem Versuch, daß die hohe Bodenfeuchtigkeit von 80% der wasserfassenden Kraft eine Ernteerniedrigung hervorgerufen hatte. Hieraus ergibt sich der Nutzen der Drainage.

Als eine günstige Bodenfeuchtigkeit kann eine solche von 50 bis 60% der wasserfassenden Kraft des Bodens angesehen werden.

---

[1]) Palladin, Pflanzenphysiologie. Berlin, Verlag J. Springer, 1911.

[2]) Hellriegel, Grundlagen des Ackerbaues.

Ein Wassermangel in den verschiedenen Vegetationsperioden macht sich auf die Körner- und Strohproduktion in verschiedener Weise bemerkbar, wie dies z. B. ein weiterer Versuch Hellriegels[1]) zeigt:

		Trockensubstanz	
		Körner	Stroh und Spreu
		g	g
Gefäß 1.	Durstperiode während der Blatt- und Halmbildung	10,072	6,690
Gefäß 2.	Durstperiode während der Blüte und Fruchtentwicklung	8,263	10,036

Es ergibt sich hieraus, daß ein Wassermangel bis zur Blüte in erster Linie die Strohproduktion schädigt, während ein später eintretender ausreichender Regenfall noch eine gute Körnerernte erzeugen kann. Andererseits gewährleistet ein reichlicher Regenfall bis zur Blüte zwar eine volle Strohproduktion nicht aber eine volle Körnerernte. Es steht dieser Versuch vollständig im Einklang mit den praktischen Erfahrungen.

Verschiedene Pflanzen entziehen dem Boden zur Produktion einer vollen Ernte verschiedene Wassermengen. Über den Wasserbedarf der einzelnen Kulturpflanzen sind von verschiedener Seite umfangreiche Versuche angestellt worden, von welchen folgende herausgegriffen sein mögen. Haberlandt[2]) stellte die durchschnittliche Größe der Transpiration junger, mittlerer und älterer Pflanzen unserer Hauptgetreidearten für je 100 qcm ihrer Oberfläche in Grammen fest, dann die durchschnittliche Oberfläche der Pflanzen und berechnete dann unter Voraussetzung einer bestimmten Zahl von Pflanzen pro Hektar folgende transpirierte Wassermengen:

	Wasser kg pro ha
Roggen	834 890
Weizen	1 179 920
Gerste	1 236 710
Hafer	2 277 760

Der Hafer verdunstete hiernach eine erheblich höhere Wassermenge als die andern Getreidearten.

Nach Hellriegel[3]) müssen auf Grund seiner mit Sand ausgeführten Gefäßversuche, bei welchen die Wasserverdunstung des Bodens durch Paraffin unterdrückt wurde, zur Erzeugung von 1 g Trockensubstanz verdunsten:

---

[1]) Hellriegel, Grundlagen des Ackerbaues.
[2]) Haberlandt, Untersuchungen auf dem Gebiete des Pflanzenbaues.
[3]) Hellriegel, Grundlagen des Ackerbaues.

	Wasser g
Gerste	310
Sommerweizen	338
Sommerroggen	353
Hafer	376
Pferdebohnen	282
Erbsen	273
Rotklee	310
Buchweizen	363
Sommerrübsen	329

Auch bei diesen Versuchen verbrauchte der Hafer am meisten Wasser, am wenigsten die Bohnen und Erbsen, weshalb sich auch Bohnen- und Erbsenland gut pflügen läßt.

v. Seelhorst hat ebenfalls zahlreiche Versuche über den Wasserbedarf der Kulturpflanzen angestellt, von welchen die folgenden mit Lehmboden in Kästen ausgeführten Versuche[1]) herausgegriffen sein mögen. Es wurden pro 1 kg produzierter Trockensubstanz folgende Wassermengen in Anspruch genommen:

	Von der Pflanze verbrauchte Wassermenge kg	Gesamte Wasserabgabe der Erde durch Verdunstung und Wasserverbrauch kg
Gerste	346,4	504,5
Roggen	307,0	515,7
Rüben	268,1	466,8

Für die praktische Verwendung solcher Zahlen kommt die gesamte Wasserabgabe (also einschließlich die der Erde) in Frage.

Bei einem vierjährigen Lysimeterversuch, welchen Gerlach[2]) im Kaiser-Wilhelms-Institut zu Bromberg ausführte, waren zur Erzeugung von 1 kg trockener Erntemasse bei gedüngten Böden erforderlich:

	Mit Sickerwasser Wasser kg	Ohne Sickerwasser Wasser kg
Niederungsmoor	397,0	359,4
Schwach humoser lehmiger Sand mit etwas Mergel	727,8	623,0
Humushaltiger Sand mit etwas Lehm	834,4	632,5
Heller humusarmer, lehmiger Sand	655,3	607,6
Humusarmer gelber, sandiger Lehm	621,3	568,0
Mineralböden im Mittel	709,7	607,8

Bei Bewässerungsversuchen, welche Gerlach[2]) ebendaselbst ausführte, waren unter günstigen Verhältnissen zur Erzeugung von 1 kg trockner Erntemasse 609 kg Wasser erforderlich.

[1]) Journal für Landwirtschaft 1908. Berlin, Verlag von Paul Parey.

[2]) Gerlach, „Wasser und Düngung". Sonderabdruck aus Nr. 48 des landwirtschaftlichen Centralblattes für die Provinz Posen, 1911.

Es waren also nach diesen Versuchen auf leichten Böden zur Erzeugung von 1 kg trockener Erntemasse rund 600 kg Wasser erforderlich, welche von den Pflanzen und von dem Boden im Laufe eines Jahres verdunstet wurden. Auf besseren Böden braucht man in trockenen Jahren nur mit 300—400 kg, in feuchteren nur 400—500 kg zu rechnen.

Der verschiedene Wasserverbrauch seitens unserer Kulturpflanzen kommt auch in dem Wassergehalt des Bodens zum Ausdruck. Je nachdem der Boden mit dieser oder jener Frucht bestanden ist, zeigt er in den verschiedenen Vegetationsmonaten einen sehr verschiedenen Wassergehalt. Bei Untersuchungen, welche der Verfasser[1]) bei Böden der Versuchswirtschaft Lauchstädt ausführte, wurden z. B. folgende Zahlen gewonnen:

	1898		
	15. Juni Wasser %	28. Juni Wasser %	Zur Zeit der Weizen- und Erbsenernte Wasser %
Boden von Zuckerrüben	14,55	14,69	11,35
„ „ Erbsen	16,37	16,25	14,90
„ „ Winterweizen . . .	12,18	11,07	9,41

Der geringere Wasserbedarf der Erbsen war in dem Wassergehalt des Bodens stark zum Ausdruck gekommen. Es enthielt zur Zeit der Weizen- und Erbsenernte der Erbsenboden 14,90% Wasser, während der Winterweizenboden nur 9,41% aufwies.

In dem bis Juli sehr trockenen Jahre 1905 wurden folgende Zahlen erhalten:

	1905 15.—22. Juni im Durchschnitt Wasser %
Boden von Brache	14,18
„ „ Winterweizen	9,41
„ „ Sommergerste	7,41
„ „ Hafer	6,65
„ „ Zuckerrüben	12,15
„ „ Kartoffeln	12,87

Den höchsten Wassergehalt wies naturgemäß der Brachboden auf; den niedrigsten der Haferboden infolge des hohen Anspruchs des Hafers an den Wassergehalt des Bodens. Die Zuckerrüben und die Kartoffeln hatten zu dieser Zeit den Wassergehalt des Bodens weit weniger in Anspruch genommen als die Getreidearten; die Rüben nehmen ihn erst in späterer Zeit mit Eintritt ihrer größeren Blattentwicklung stark in Anspruch, während der Kartoffelboden auch später noch einen verhältnismäßig günstigen Wassergehalt aufweist.

Auch die Gründüngung nimmt den Wassergehalt des Bodens ziemlich stark in Anspruch. So wurden z. B. 1905 folgende Zahlen erhalten:

[1]) Maercker und Schneidewind, Berichte I, VI und VII der Versuchswirtschaft Lauchstädt. Berlin, Verlag von Paul Parey.

	1905	
	Zur Zeit der Gründüngungseinsaat Wasser %	9. August bis 8. Septbr. Im Durchschnitt Wasser %
Boden ohne Gründüngung	15,15	14,43
Boden mit Gründüngung (Erbsen, Bohnen, Wicken)	14,97	10,76

Der mit Gründüngung bestandene Boden wies demnach im August und Anfang September einen durchschnittlichen Wassergehalt von nur 10,76% auf, während der nicht mit Gründüngung bestandene, umgebrochene Boden einen Wassergehalt von 14,43% aufwies. Bei im Winter mangelnden Niederschlägen kann die starke Inanspruchnahme des Wassergehaltes des Bodens seitens der Gründüngung auf besseren Böden für die Nachfrucht von Nachteil sein. Bei den Sandböden ist dies wegen ihrer geringen wasserfassenden Kraft im allgemeinen nicht zu befürchten. Hier erhält auch der mit Gründüngung bestandene Boden in den Wintermonaten meist noch mehr Wasser als er fassen kann.

Ein kräftiger Pflanzenbestand, so wie ein solcher in erster Linie durch die Düngung hervorgerufen wird, nimmt den Wassergehalt des Bodens stärker in Anspruch, wie ein schwacher. Es kommt dies auch in dem Wassergehalt des Bodens zum Ausdruck, wie Untersuchungen des Verfassers[1]) zeigen, welche ebenfalls mit Böden der Versuchswirtschaft Lauchstädt ausgeführt wurden:

	Ernten pro ha	Boden im Durchschnitt der Vegetation Wasser %
Gerste ungedüngt	20,3 dz Körner 23,2 „ Stroh	10,9
„ Volldüngung . . .	27,7 „ Körner 35,0 „ Stroh	9,7
Weizen ungedüngt . . .	23,4 dz Körner 38,0 „ Stroh	11,4
„ Volldüngung . . .	31,7 „ Körner 58,3 „ Stroh	10,0

Die höheren Ernten, welche infolge der Düngung erzeugt wurden, halten, wie die Zahlen zeigen, den Wassergehalt des Bodens stärker in Anspruch genommen, wie die niedrigen.

Ein kräftiger Pflanzenbestand verdunstet also mehr Wasser, als ein schwacher. Die Beschattung durch einen starken Bestand wirkt aber dadurch günstig, daß sie die Kapillarität des Bodens, welche im nichtbeschatteten Boden durch Austrocknen und Rissig-

[1]) Schneidewind, Bericht VI der Versuchswirtschaft Lauchstädt.

werden des Bodens fast völlig schwindet, erhält, wodurch Wasser aus dem Untergrund stetig nach oben befördert wird.

Die zur Zeit der Sommervegetation in Deutschland fallenden Niederschläge reichen nicht aus, das Wasserbedürfnis der Ernten zu decken. Nehmen wir an, daß zur Erzeugung von 1 kg Trockensubstanz einschließlich der Wasserverdunstung des Bodens nur 400 kg Wasser erforderlich sind, so wären z. B. für eine höhere Gerstenernte von 30 dz Körner-Trockensubstanz und 40 dz Stroh-Trockensubstanz = 70 dz Gesamt-Trockensubstanz notwendig = 2 800 000 kg Wasser, welche einer Regenhöhe von 280 mm pro Hektar entsprechen. Es fallen nun z. B. nach Wohltmann[1]) in Halle in den Hauptvegetationsmonaten Mai, Juni und Juli durchschnittlich 189 mm. Nach Messungen der Versuchswirtschaft Lauchstädt fielen in den letzten 17 Jahren 1896—1912 192 mm. Es reichen also diese Niederschläge längst nicht aus, um das Wasserbedürfnis der Pflanzen zu decken, so daß die Pflanze auf die Winterfeuchtigkeit zurückgreifen muß.

Wohltmann stellte Bewässerungsversuche mit im Freien stehenden Kästen an, aus welchen ebenfalls hervorgeht, daß die in der Hauptvegetationszeit fallenden Niederschläge nicht ausreichen, um das Wasserbedürfnis der Pflanzen zu decken.

Die Pflanze ist daher gezwungen, auf die während des Winters in der Ackerkrume angesammelte Feuchtigkeit und auf die Untergrundsfeuchtigkeit zurückzugreifen. Der Landwirt muß daher dafür sorgen, daß für die Sommervegetation möglichst viel Winterfeuchtigkeit erhalten bleibt. Dies erreicht er:

a) durch Tiefkultur,
b) durch zeitiges Umbrechen der Stoppel,
c) durch Liegenlassen des Bodens in rauher Furche,
d) durch Hackkultur.

Hiermit soll ein zeitweiliges Walzen durchaus nicht verurteilt werden. Ein Walzen des Ackers ist z. B. zur Sicherung des Aufgangs, wie bei den Rüben, notwendig und kann auch in der ersten Zeit der Vegetation in gewissen Trockenperioden beim Getreide am Platze sein. Durch das Walzen wird der kapillare Aufstieg des Wassers aus den unteren Ackerschichten ermöglicht, wodurch man jungen Pflanzen über kurze Durstperioden hinweghelfen kann. Es hat nur nach dem Walzen bald wieder die Hacke zu folgen.

Nach Wohltmann[1]) betragen die idealen Regenhöhen für die mittleren Lehmböden:

Beim Weinbau	500 mm
„ Wintergetreide	600 „
Bei der Gerste	520 „
„ dem Hafer	630 „
„ den Kartoffeln und Rüben . .	600 „
„ Wiesen	670 „
„ Weiden	770 „

[1]) Arbeiten der Deutschen Landwirtschaftsgesellschaft 1904, Heft 97.

Diese Zahlen gelten selbstverständlich nur bei richtiger Verteilung auf das Jahr. Auf Sandböden ist die ideale Regenmenge noch größer, auf Tonböden vielleicht etwas kleiner.

Nach Töpfer[1]) erhalten im Deutschen Reiche im Durchschnitt pro Jahr:

5%	der	Fläche	400— 500	mm	Niederschläge
40%	„	„	500— 600	„	„
30%	„	„	600— 700	„	„
15%	„	„	700— 800	„	„
5%	„	„	800—1000	„	„
5%	„	„	1000—1400	„	„

Wir sehen aus diesen Zahlen, daß ein großer Teil unserer Böden nicht ausreichende Niederschlagsmengen erhält. Dazu kommt, daß die aufgeführten Mengen sich nicht in erwünschter Weise auf das Jahr verteilen; in den Hauptvegetationsmonaten fehlt es häufig auch in niederschlagsreicheren Gebieten an der nötigen Feuchtigkeit.

Was die künstliche Bewässerung betrifft, so sind von Gerlach[2]) und Krüger in Bromberg zahlreiche Versuche angestellt worden, die ergeben haben, daß eine solche auf leichten Sandböden mit 500—600 mm Niederschlägen unter bestimmten Verhältnissen rentabel ist. Die beste Ausnutzung des Wassers wurde bei reichlicher Düngung und durch ein Bespritzen bezw. Beregnen im Gegensatz zum Berieseln erzielt. Es ist, wie Gerlach hervorhebt, von Fall zu Fall darüber zu entscheiden, ob eine künstliche Bewässerung angebracht ist oder nicht und hierbei nicht zu vergessen, daß der erzielte Mehrertrag nicht allein die Kosten für das Wasser, sondern auch für die verstärkte Düngung und Ernte zu tragen hat.

4. Der Stickstoff und die Stickstoffverbindungen.

Alle Pflanzen und alle Pflanzenteile enthalten ohne Ausnahme Stickstoff. So enthalten z. B. nach Menzel und v. Lengerkes landw. Kalender:

	Stickstoff %		Stickstoff %
Wiesengras in der Blüte	0,49	Ackerbohnenstroh	1,25
Rotklee in der Blüte	0,60	Erbsenstroh	1,40
Luzerne Anfang der Blüte	0,70	Ackerbohnen	4,08
Winterroggenstroh	0,60	Erbsen	3,65
Sommergerstenstroh	0,80	Zuckerrübenblätter	0,40
Winterroggenkörner	1,90	Futterrübenblätter	0,30
Sommergerstenkörner	1,53	Zuckerrüben	0,18
		Futterrüben	0,18

Aus diesen Zahlen sehen wir, daß alle Pflanzen und alle Pflanzenteile Stickstoff enthalten, aber in sehr verschiedenem Maße. So enthalten die Leguminosen mehr Stickstoff als die Nichtleguminosen, die Körner unserer Getreidearten und

[1]) Gerlach, „Wasser und Düngung".
[2]) Mitteilungen des Kaiser Wilhelms-Instituts.

Leguminosen mehr Stickstoff als das Stroh, die Rübenwurzeln wieder weniger als die Blätter usw.

In den verschiedenen Altersperioden zeigen die Pflanzen einen verschiedenen prozentischen Stickstoffgehalt, wie folgendes Beispiel zeigen möge. Es waren nach Angaben von Maercker in 1000 Teilen vorhanden:

	2./V.	25./V.	15./VI.	
Rotklee	5,0	3,1	2,3	Teile Stickstoff
Luzerne	5,2	3,9	3,1	„ „
Rüben	2,6	2,0	1,7	„ „
Hafer	2,5	1,3	1,2	„ „

Wir sehen also, daß die Pflanzen in der Jugend einen viel höheren prozentischen Stickstoffgehalt aufweisen als im späteren Alter. Dies hat seinen Grund darin, daß die Pflanzen gleich in frühester Jugend reichlich Stickstoff aufnehmen, während die Bildung der stickstofffreien Stoffe, der Kohlehydrate, des Fettes usw. erst vorzugsweise in späterer Zeit stattfindet, wodurch der prozentische Stickstoffgehalt sinkt.

Von den Pflanzennährstoffen, welche wir unseren Pflanzen durch die Düngung zuführen, ist zurzeit der Stickstoff der wichtigste und teuerste. Der Stickstoff ist insofern kein wichtigerer Nährstoff, wie alle anderen, als durch einen Mangel irgend eines anderen Nährstoffs die Produktion ebenso geschädigt wird, als durch das Fehlen von Stickstoff. Da aber die Produktion nach dem Gesetze des Minimums verläuft, d. h. proportional dem in geringster Menge vorhandenen Produktionsfaktor[1]), der aufnehmbare Stickstoff von den bei der Düngung in Frage kommenden Nährstoffen aber im Boden meistens in minimo vorhanden ist und der Stickstoff zurzeit auch der teuerste ist, so ist in der Praxis der Versorgung der Kulturpflanzen mit den richtigen Stickstoffmengen die größte Aufmerksamkeit zu widmen.

In der Pflanze ist der Stickstoff in geringerer Menge vorhanden als der Kohlenstoff, aber meistenteils in größerer Menge als die Mineralstoffe; eine Ausnahme macht hier und da das Kali.

Die Tatsache, daß sich der Stickstoff in allen Pflanzen vorfindet, ist noch kein Beweis dafür, daß er für das Pflanzenleben unentbehrlich ist. Seine Unentbehrlichkeit geht aber hervor:

a) Daraus, daß er in Form von eiweißhaltiger Substanz die Grundsubstanz der Pflanzenzelle, das Protoplasma, bildet, von welchem alle Lebenserscheinungen ausgehen.

---

[1]) Die Steigerung verläuft bei Versuchen nicht ganz gradlinig, sondern in Gestalt einer ansteigenden Kurve (Mitscherlich). Dies hat seinen Grund darin, daß es nicht möglich ist, bei ansteigenden Gaben des in minimo vorhandenen Nährstoffs die anderen Produktionsfaktoren in optimalen Verhältnissen zu halten. (Siehe: „Das Gesetz des Minimums". Arbeiten der D. L.-G. Heft 245).

b) Aus Wasser- und Sandkulturversuchen. Diese Methode besteht darin, daß man sich eine Lösung aller übrigen notwendigen Nährstoffe herstellt und den Stoff, welchen man prüfen will, in größeren und kleineren Mengen verabfolgt und ihn dann ganz fallen läßt. Solche Versuche haben z. B. Hellriegel und Wilfarth[1]) mit Sandkulturen in großer Menge angestellt; es möge einer von diesen Versuchen herausgegriffen werden:

Versuch mit Hafer. Sandboden.

Stickstoffdüngung	Ertrag an Trockensubstanz		
	Körner	Spreu und Stroh	Summa
g	g	g	g
0,336	12,2336	17,9414	30,1750
0,224	8,5265	12,8256	21,3521
0,168	6,0862	9,9112	15,9974
0,112	4,0710	6,8904	10,9614
0,056	1,9327	3,7473	5,6800
0,000	0,0533	0,3366	0,3899

Dieser exakte Vegetationsversuch zeigt, daß der Stickstoff unentbehrlich ist. Die Ernte verlief proportional den zugeführten Stickstoffmengen. Ohne Stickstoff keine Ernte, die geringen Mengen entstammten der Aussaat. Die Produktion regelte sich nach dem in minimo vorhandenen Nährstoff (Gesetz des Minimums). Eine Vermehrung aller übrigen Nährstoffe durch die Düngung hat nicht den geringsten Zweck, wenn nicht zugleich jener in minimo vorhandene Nährstoff durch die Düngung in entsprechender Weise vermehrt wird. Das Fehlschlagen einseitiger Düngungsmaßregeln, sowie man dies in der Praxis öfters antrifft, ist meist darauf zurückzuführen, daß man unter Vernachlässigung des Gesetzes des Minimums der Pflanze nicht alle Nährstoffe in ausreichender Menge darbietet.

Stickstofformen.

Es kommen folgende Stickstofformen direkt oder indirekt in Frage:

A. Anorganische Stickstofformen:	B. Organische Stickstofformen:
Freier atmosphärischer Stickstoff,	Amine und Aminosäuren (Amide),
Salpetersaure Salze,	Cyanverbindungen usw.
Salpetrigsaure Salze,	Eiweißstoffe.
Ammoniaksalze.	

Auch bezüglich der Erwerbung des Stickstoffs bestehen ähnliche Unterschiede zwischen der Pflanzen- und Tierwelt, wie bezüglich der Erwerbung des Kohlenstoffs. Ebenso wie die Pflanze aus den einfachsten anorganischen Verbindungen,

[1]) Untersuchungen über die Stickstoffnahrung der Gramineen und Leguminosen. Beilageheft zu der Zeitschrift des Vereins für Rübenzucker-Industrie des Deutschen Reiches, November 1888. Berlin, Buchdruckerei der „Post" Kayßler & Co.

Kohlensäure und Wasser, Kohlehydrate und andere stickstofffreie Verbindungen aufzubauen vermag, so kann sie auch aus einfachen anorganischen Stickstoffverbindungen, aus salpetersauren Salzen und Ammoniaksalzen, mit Hilfe der bereits gebildeten stickstofffreien Verbindungen komplizierte organische Stickstoffverbindungen, Eiweißkörper, aufbauen. Das Tier kann dies nicht. Es ist, ebenso wie es auf fertig gebildete stickstofffreie Substanzen angewiesen ist auch auf fertig gebildete stickstoffhaltige Substanzen (Eiweißstoffe) angewiesen. Daß die Pflanze aus salpetersauren Salzen und Ammoniaksalzen Eiweiß aufzubauen vermag, läßt sich leicht durch die Wasser- und Sandkultur beweisen. Der Aufbau von Eiweiß ist nicht unbedingt an die grüne Zelle gebunden. Dies geht hervor: 1. daraus, daß eine Eiweißbildung auch im Dunklen stattfindet; 2. daß eine solche auch in den nicht grünen Wurzelzellen stattfindet; 3. daß auch nicht grüne Organismen (Pilze und Bakterien) aus anorganischen Stickstoffverbindungen und Kohlehydraten Eiweiß aufzubauen vermögen.

Der Aufbau von Eiweiß aus Kohlehydraten und anorganischen Stickstoffverbindungen ist, ebenso wie die Fettbildung, ein Reduktionsvorgang. Nehmen wir als einfachste empirische Formel für das Eiweiß die Formel $C_{12}H_{19}N_3O_4$ an, so können wir uns die Bildung von Eiweiß aus Dextrose (Traubenzucker) und Salpetersäure oder Ammoniak folgendermaßen vorstellen:

a) Aus Salpetersäure:

$$2\,C_6H_{12}O_6 + 3\,NO_3H = C_{12}H_{27}N_3O_{21}$$

2 Mol. Dextrose + 3 Mol. Salpetersäure

$$- 4\,H_2O$$

(— 4 Mol. Wasser)

$$= C_{12}H_{19}N_3O_{17}$$

$$\text{Eiweiß} = C_{12}H_{19}N_3O_4$$

b) Aus Ammoniak:

$$2\,C_6H_{12}O_6 + 3\,NH_3 = C_{12}H_{33}N_3O_{12}$$

2 Mol. Dextrose + 3 Mol. Ammoniak

$$- 7\,H_2O$$

(— 7 Mol. Wasser)

$$= C_{12}H_{19}N_3O_5$$

$$\text{Eiweiß} = C_{12}H_{19}N_3O_4$$

Das Eiweiß ist also sauerstoffärmer, als seine Komponenten; es ist demnach zu seiner Entstehung eine Kraftquelle notwendig. Die für die Eiweißbildung notwendige Energie liefert wie bei der Fettbildung die gebildete organische Substanz (speziell die Dextrose), welche hierbei verbrennt und somit für die Produktion verloren geht. Die Eiweißbildung aus Salpetersäure ist ein weit stärkerer Reduktionsprozeß als die aus Ammoniak. Infolgedessen muß bei der Eiweißbildung aus Salpetersäure mehr organische Substanz verloren gehen als wie bei der Eiweißbildung aus Ammoniak. Hierauf ist es vielleicht zum Teil zurückzuführen, daß eine gleiche Menge von aufgenommenem Ammoniakstickstoff etwas mehr organische Substanz liefert als eine gleiche Menge von aufgenommenem Salpeterstickstoff. (S. Salpeter und Ammoniaksalz.)

Der freie atmosphärische Stickstoff.

Der freie atmosphärische Stickstoff kann direkt von den höheren Pflanzen nicht verwertet werden, sondern nur von gewissen niederen Organismen, den Leguminosen-Bakterien und von bestimmten im Boden freilebenden niederen Organismen, welche diese Stickstoffquelle der höheren Pflanze erst zugänglich machen.

a) Die Leguminosen-Bakterien.

Die ersten exakten wissenschaftlichen Versuche über die Assimilation des freien Stickstoffs durch die Pflanzen sind von Boussingault[1]) angestellt worden, in den Jahren 1851—1854. Boussingault benutzte für seine Versuche Sand und Bimssteinpulver mit Zusatz von Aschenbestandteilen oder auch Nährböden von bekanntem Stickstoffgehalt und führte die Versuche in einer Atmosphäre aus, welche von Ammoniak- und salpetersauren Verbindungen mittels Durchleiten der Luft durch Schwefelsäure befreit worden war. Das Ergebnis dieser Versuche war das folgende:

Samen	Versuchs-dauer	Gewicht der Aussaat	Gewicht der Ernte	Stickstoff der Aussaat	Stickstoff der Ernte	Stickstoff-Differenz
	Monate	g	g	g	g	g
Bohne . .	2	0,780	1,87	0,0349	0,0340	— 0,0009
Bohne . .	2	0,792	2,35	0,0354	0,0360	+ 0,0006
Bohne . .	2½	0,665	2,80	0,0298	0,0277	— 0,0021
Hafer . .	2	0,377	0,54	0,0078	0,0067	— 0,0011
Hafer . .	2½	0,139	0,44	0,0031	0,0030	— 0,0001

Wie die Zahlen zeigen, war unter den obwaltenden Verhältnissen weder vom Hafer noch von der Bohne Stickstoff assimiliert worden. Dieser scheinbar ganz einwandfreie Versuch war also vollständig negativ verlaufen und damit vorläufig die Frage der Stickstoffassimilation durch die Leguminosen dahin entschieden, daß der freie atmosphärische Stickstoff keine Stickstoffquelle für die höheren Pflanzen bildet.

Hiermit standen im Widerspruch die Erfahrungen der Praxis:

1. Schon in der Römerzeit wußte man, daß man nach Luzerne und Wicken nicht zu düngen brauche.

2. Es war durch die Statiker Thaer, Wulffen und Kleemann auf die besondere Stellung der kleeartigen Gewächse in der Fruchtfolge hingewiesen. Sie bezeichneten auf Grund ihrer statischen Aufzeichnungen über das Düngebedürfnis der Böden die kleeartigen Gewächse mit „bodenbereichernden Gewächsen".

3. Es sprachen gegen die Boussingaultschen Ergebnisse die Versuche, welche von Lawes und Gilbert in England ausgeführt worden waren. Wurden auf einem Felde mehrere Jahre hintereinander Getreidearten angebaut, so sank nach einigen Jahren die Produktion von stickstoffhaltiger Pflanzensubstanz auf ein bestimmtes Minimum herab, auf dem sie dann ohne weitere Verminderung zu

[1]) Adolf Mayer, Agrikulturchemie.

erleiden, beharrte. Wurden jedoch zwischen den einzelnen Getreidearten Klee oder Erbsen eingeschoben, so konnten weit größere Mengen von stickstoffhaltiger Pflanzensubstanz in dem Getreide, welches darauf folgte, geerntet werden, trotzdem der Klee und die Erbsen selbst schon sehr große Mengen von Stickstoff geliefert hatten.

Die Leguminosenfrage hat dann ihre Lösung gefunden durch die epochemachenden Entdeckungen Hellriegels und Wilfarths in den Jahren 1883—1887. Die Resultate ihrer umfangreichen exakten Versuche faßt Hellriegel[1]) in nachfolgenden Sätzen zusammen:

In einem stickstofflosen Boden war die Assimilation und Produktion der von uns geprüften Cerealien, Hafer und Gerste, gleichgültig ob derselbe sterilisiert war oder nicht, immer nahezu gleich Null.

Durch Zugabe von Nitraten zum Boden ließ sich aber allezeit ein normales Wachstum dieser Pflanzenarten hervorrufen und zwar stand dann die Entwicklung derselben immer in annähernd direktem Verhältnis zu der Menge des gegebenen Nitrats.

Solange sich die Nitratgaben innerhalb der Grenzen bewegten, in welchen sich der Stickstoffgehalt des Bodens als Wachstumsfaktor im Minimum befand, wurde durch einen Teil Bodenstickstoff immer annähernd der gleiche Ertrag und zwar 90—100 Teile oberirdische Trockensubstanz produziert.

In den Ernten der Gerste und des Hafers, gleichgültig ob sie in einem stickstofflosen, stickstoffarmen oder stickstoffreichen Boden gewachsen waren, wurde niemals mehr, oder auch nur ebensoviel Stickstoff wieder gefunden, als in dem Boden bei Beginn des Versuches in Form assimilierbarer Stickstoffverbindungen vorhanden war.

Nichts deutete darauf hin, daß die Cerealien eine bemerkenswerte Quantität ihrer Stickstoffnahrung aus einer anderen Quelle, als dem Boden schöpften, oder zu schöpfen vermochten.

In einem stickstofflosen sterilisierten und sterilisiert erhaltenen Boden verhielten sich die zu unseren Versuchen benutzten Leguminosen, Erbsen, Serradella und Lupinen, den Cerealien vollkommen gleich.

Wachstum und Assimilation war in diesem Falle auch bei ihnen immer ungefähr gleich Null.

Durch Zugabe von Nitraten zum Boden ließen sich dieselben aber zur Entwicklung bringen und die Produktion stand dann in annähernd direktem Verhältnisse zu der Menge des gegebenen Bodenstickstoffs, solange sich der letztere als Wachstumsfaktor im Minimum befand.

In den Ernteprodukten war ein bemerkenswertes Plus von Stickstoff, welches aus anderen Quellen als dem Boden hätte stammen können, nicht aufzufinden.

---

[1]) H. Hellriegel und H. Wilfarth, Untersuchungen über die Stickstoffnahrung der Gramineen und Leguminosen. Beilageheft zu der Zeitschrift des Vereins für die Rübenzucker-Industrie d. D. R., 1888. Berlin, Buchdruckerei der „Post" Kayßler & Co.

Der bekannte Bousſingaultſche Fundamentalverſuch iſt unter dieſen Verhältniſſen ausgeführt, und die Schlüſſe, die aus demſelben gezogen werden, haben nur für dieſen Fall (ſterilisierten Boden) Gültigkeit.

In einem nicht ſterilisierten Boden aber vermochten die Leguminoſen unter gewiſſen Umſtänden zu wachſen, auch wenn derſelbe frei war von aſſimilierbaren Stickſtoffverbindungen, oder nur Spuren derſelben enthielt, und zwar insbeſondere dann, wenn die Verſuchskulturen während der Vegetation unbedeckt im Freien gehalten wurden, und ſicher dann, wenn man dem ſtickſtoffloſen Bodenmateriale den durch Anrühren mit deſtilliertem Waſſer und Abſetzenlaſſen bereiteten Aufguß von einer geringen Menge (1—2 ‰) eines zweckmäßig gewählten Kulturbodens beigab.

Die Leguminoſen brachten es im letzteren Falle nicht nur in der Regel zu einer durchaus normalen, ſondern ausnahmsweiſe bisweilen zu einer auffallend üppigen Entwicklung und in den Ernteprodukten derſelben ließ ſich ſtets ein entſchiedenes, häufig ſehr hohes Stickſtoffplus nachweiſen, welches aus dem Boden nicht ſtammen konnte.

Ein ähnlicher, wenn auch minder ausgiebiger Stickſtoffgewinn wurde nach Zugabe von Bodenaufguß durch die Leguminoſen auch dann erzielt, wenn der Boden nicht völlig ſtickſtofflos war, ſondern eine gewiſſe, aber für ihre Bedürfniſſe nicht ausreichende Quantität Nitrate enthielt.

Die Cerealien dagegen zeigten in einem ſtickſtoffloſen Boden, auch wenn derſelbe nicht ſterilisiert war, niemals eine Neigung zum Wachſen und niemals einen bemerkbaren Stickſtoffgewinn. Eine Zugabe von Bodenaufguß blieb bei Hafer und Gerſte in beiden Beziehungen ohne jede merkbare Wirkung.

Der eigentümliche, ſehr bedeutende Einfluß, den die Zugabe von einer geringen Menge Bodenaufguß auf das Wachstum und die Stickſtoffaufnahme der Leguminoſen ausübte, ließ ſich nicht erklären durch den Gehalt des letzteren an Stickſtoff, oder anderen Pflanzennährſtoffen.

Wenn der Bodenaufguß gekocht, oder auch nur einer Temperatur von 70° C. ausgeſetzt wurde, ſo verlor er ſeine Wirkſamkeit gänzlich und ausnahmslos.

Ein und dieſelbe Leguminoſenart wurde durch Bodenaufgüſſe verſchiedener Herkunft ſehr ungleich beeinflußt, und ein und derſelbe Bodenaufguß wirkte auf verſchiedene Leguminoſenarten durchaus verſchieden. So beförderte der Aufguß von einem vorzüglichen Zuckerrübenboden, in welchem Erbſen und verſchiedene Kleearten ſeit langer Zeit in die regelmäßige Fruchtfolge eingeſchoben, Serradella und Lupinen aber noch niemals angebaut waren, das Wachstum und den Stickſtoffgewinn der Erbſen ſicher und in bedeutendem Grade, hatte aber in der geringen Menge, in der wir ihn verwendeten, für die Entwicklung der Serradella und Lupine nie den geringſten Effekt.

Das durch Zufuhr von Bodenaufguß bedingte Wachstum der Leguminoſen in einem ſtickſtoffloſen Bodenmateriale unterſchied ſich von der Vegetation derſelben in einem ſterilisierten, mit Nitraten verſehenem Boden weſentlich und äußerlich ſichtlich dadurch, daß im erſten Falle nach der Keimperiode in der Regel ein eigentümlicher, von ſehr charakteriſtiſchen Erſcheinungen begleiteter

Hungerzustand der Pflanzen eintrat, welchem dann nach kürzerer oder häufig auch erst nach längerer Zeit eine sehr energische und rasche Entwicklung folgte.

In sterilisiertem und während der Vegetationszeit steril erhaltenem oder mit einem unwirksamen Aufgusse versehenen Boden wurde das Auftreten von Wurzelknöllchen bei den Leguminosen nicht bemerkt, gleichgültig, ob der Boden stickstofflos war und die Pflanzen darin langsam verhungerten oder ob derselbe mehr oder weniger Nitrate enthielt und die Pflanzen infolgedessen eine mehr oder weniger gute Entwicklung erreichten.

In nicht sterilisiertem, mit einem wirksamen Bodenaufguß versetzten Bodenmateriale war dagegen die Bildung normal entwickelter Wurzelknöllchen stets nachweisbar und mit dieser war eine erhebliche Assimilation von Stickstoff, dessen Quelle im Boden nicht zu suchen war, immer verbunden. Auch hier traten Knöllchenbildung und Stickstoffgewinn nicht nur in stickstofflosem Boden, sondern auch dann ein, wenn derselbe eine gewisse aber für die Bedürfnisse der Pflanze unzureichende Menge Nitrate enthielt, und waren in letzterem Falle nur quantitativ geringer.

Bei ein und derselben Leguminosenpflanze ließ sich an der einen Hälfte des Wurzelsystems die Knöllchenbildung hervorrufen, an der anderen verhindern dadurch, daß man die erstere in eine stickstofflose, mit etwas Bodenaufguß vermischte und nicht sterilisierte, die andere in eine ganz gleich zusammengesetzte, aber durch Kochen sterilisierte Nährlösung eintauchen ließ.

Die Bildung der Wurzelknöllchen erfolgte nicht nur in einem sehr frühen Entwicklungsstadium der Pflanzen, sondern war auch in dem vorbezeichneten Hungerzustande nachweisbar, in welchem die Pflanzen, um ihr Leben zu fristen, ihre notwendigsten Assimilationsorgane resorbieren mußten; ein sichtliches Wachstum der Leguminosen in stickstofflosem Boden fand immer erst nach Entwicklung der Wurzelknöllchen statt.

Lebhaftes Wachstum der Leguminosen mit erheblicher Stickstoffassimilation in stickstofflosem Boden ließ sich auch dann erzielen, wenn man sie in einer von Stickstoffverbindungen gereinigten Atmosphäre oder in einem beschränkten Luftvolumen vegetieren ließ, welches ihnen nur Spuren gebundenen Stickstoffs liefern konnte.

Aus diesen Ergebnissen folgern Hellriegel und Wilfarth:

1. Die Leguminosen verhalten sich bezüglich der Aufnahme ihrer Stickstoffnahrung von den Gramineen prinzipiell verschieden.

2. Die Gramineen sind mit ihrem Stickstoffbedarf einzig und allein auf die im Boden vorhandenen assimilierbaren Stickstoffverbindungen angewiesen und ihre Entwicklung steht immer zu dem disponiblen Stickstoffvorrate des Bodens in direktem Verhältnisse.

3. Den Leguminosen steht außer dem Boden-Stickstoff noch eine zweite Quelle zur Verfügung, aus welcher sie ihren Stickstoffbedarf in ausgiebigster Weise zu decken resp., soweit ihnen die erste Quelle nicht genügt, zu ergänzen vermögen.

4. Diese zweite Quelle bietet der freie, elementare Stickstoff der Atmosphäre.

5. Die Leguminosen haben nicht an sich die Fähigkeit, den freien Stickstoff der Luft zu assimilieren, sondern es ist hierzu die Beteiligung von lebenstätigen Mikroorganismen im Boden unbedingt erforderlich.

6. Um den Leguminosen den freien Stickstoff für Ernährungszwecke dienstbar zu machen, genügt nicht die bloße Gegenwart beliebiger niederer Organismen im Boden, sondern ist es nötig, daß gewisse Arten der letzteren mit den ersteren in ein symbiotisches Verhältnis treten.

7. Die Wurzelknöllchen der Leguminosen sind nicht als bloße Reservespeicher für Eiweißstoffe zu betrachten, sondern stehen mit der Assimilation des freien Stickstoffs in einem ursächlichen Zusammenhange.

Von den außerordentlich vielen Versuchsergebnissen Hellriegels und Wilfarths mögen folgende Beispiele herausgegriffen werden:

Nichtleguminosen. Steriler Sandboden.

	Stickstoffdüngung[1])	Ernte Trockensubstanz	Stickstoff in der Ernte
	g	g	g
Hafer	0,000	0,597	0,007
„	0,056	5,134	0,043
„	0,112	11,757	0,090

Nichtleguminosen. Infizierter Sandboden.

Hafer	0,000	0,699	0,008
„	0,056	4,822	0,038
„	0,112	11,639	0,092

Aus diesen Versuchen geht hervor, daß der Hafer als Nichtleguminose nicht imstande ist, den Stickstoff der atmosphärischen Luft zu verwerten. Gleiche Ergebnisse hatten Hellriegel und Wilfarth mit der Gerste gewonnen.

Anders verhielten sich die Leguminosen:

Leguminosen. Steriler Sandboden.

	Stickstoffdüngung	Ernte Trockensubstanz	Stickstoff mehr oder weniger wieder gefunden als im Samen und Boden gegeben war
	g	g	g
Serradella	0	0,078	— 0,022
Erbsen	0	0,705	— 0,027
Lupinen	0	0,915	— 0,050

[1]) Salpeter.

Leguminosen. Infizierter Sandboden.

	Stickstoff-düngung	Ernte Trockensubstanz	Stickstoff mehr oder weniger wieder gefunden als im Samen und Boden gegeben war
	g	g	g
Serradella	0	15,788	+ 0,363
Erbsen	0	18,001	+ 0,438
Lupinen[1])	0	44,315	+ 1,133

Aus diesen Versuchen geht hervor, daß die Leguminosen, Serradella, Erbsen und Lupinen, in sterilem Boden sich so verhielten, wie die Nichtleguminosen, dagegen in einem mit Bodenaufguß infizierten Boden, also in einem geeigneten Naturboden, im Gegensatz zu den Nichtleguminosen eine üppige Vegetation entfalten und in reichlicher Menge den Stickstoff der Atmosphäre zu assimilieren vermögen.

Die zahlreichen und auf das peinlichste durchgeführten Untersuchungen Hellriegels und Wilfarths sind grundlegend geblieben für die ganze Leguminosenfrage. Sie bedurften nur nach gewissen Richtungen hin noch einer Ergänzung:

1. Hinsichtlich der Anzahl der Leguminosen. Hellriegel und Wilfarth haben nicht für alle Leguminosen die Fähigkeit der Stickstoffassimilation nachgewiesen. Eine Ergänzung hinsichtlich der nicht geprüften Leguminosen hat stattgefunden durch Untersuchungen von Nobbe, Hiltner, Bréal, Berthelot, Beyerinck u. a.

2. Hinsichtlich der Art der Assimilation. Die Knöllchenbakterien leben mit den Leguminosen in Symbiose. Unter Symbiose versteht man ein Zusammenleben von 2 Organismen, in der Weise, daß sie sich in ihrer Ernährungsweise gegenseitig unterstützen. In diesem Falle beziehen die Leguminosenbakterien ihre Kohlenstoffnahrung von den Leguminosen, während die letzteren von den Bakterien mit Stickstoff versorgt werden. Die Wurzelknöllchen sind der Sitz der Leguminosenbakterien. Die Bakterien dringen in die Wurzelzellen der Leguminosen ein, vermehren sich dort massenhaft und rufen durch den auf die Wurzelzellen ausgeübten Reiz jene Wucherungen hervor, die als Wurzelknöllchen bezeichnet werden. Die stickstoffassimilierenden Bakterien wandeln sich allmählich in die nicht mehr vermehrungsfähige Form der sogenannten Bakteroiden um und werden schließlich samt der stickstoffreichen Körpersubstanz der Knöllchen von der Pflanze verarbeitet.

Die Wurzelknöllchen sind naturgemäß weit stickstoffreicher, als die Wurzeln. So fand Troschke[2]) bei den blauen Lupinen folgende Zahlen:

---

[1]) Die Lupinen hatten doppelt soviel Bodenvolumen zur Verfügung und doppelt soviel Bodenaufguß erhalten wie die Serradella und die Erbsen.

[2]) Adolf Mayer, Agrikulturchemie.

Blaue Lupinen.

	Knöllchen %	Wurzeln %
Rohprotein (Eiweiß)	45,3	7,1
Rohfett	5,3	1,3
Stickstofffreie Extraktstoffe	32,5	34,6
Rohfaser	9,4	52,9
Asche	7,5	4,1

B. Heinze[1]) fand folgende Zahlen:

Blaue Lupinen.

	Knöllchen %	Wurzeln %
Rohprotein (Eiweiß)	38,63	6,19

Serradella.

Rohprotein (Eiweiß)	44,55	9,50

Wir sehen also aus diesen Untersuchungen, daß die Knöllchen erheblich stickstoffreicher sind als die Wurzeln.

3. Hinsichtlich der Bakterienarten. Zuerst nahm man an, daß jede Leguminose, um Stickstoff sammeln zu können, eine besondere Bakterienart für sich beansprucht. Später nahm man an, daß es nur einige Hauptarten von solchen Leguminosen-Bakterien gibt, während man jetzt der Meinung ist, daß nur eine Hauptart existiert, welche aber, um wirken zu können, sich den betreffenden Leguminosen erst anpassen muß, wenn sie in geeigneter Form nicht vorhanden ist. Für die letztere Annahme spricht die Tatsache, daß Leguminosen, welche auf einem Lande noch nie angebaut wurden, im 1. Jahre keine Knöllchen ansetzen, keinen Stickstoff assimilieren, während sie bei fortgesetztem Anbau reichlich Knöllchen ansetzen und reichlich Stickstoff assimilieren.

Solche Versuche sind auf dem Lehmboden der dem Verfasser unterstellten Versuchswirtschaft Lauchstädt von B. Heinze in großer Menge ausgeführt mit Serradella und Lupinen, zwei Leguminosen, welche der betreffende Boden noch nie getragen hatte. Sowohl die mit diesem Boden in Gefäßen, als auch die im freien Lande ausgeführten Versuche zeigen, daß bei fortgesetztem Anbau diese Leguminosen auf jenem Boden ausgezeichnet gedeihen und reichlich Stickstoff assimilieren. Wir wollen einige Ergebnisse dieser Versuche herausgreifen:

a) Vegetationsversuche.

Serradella.

	Ernte Trockensubstanz g
1. Jahr	12,5
6. „	41,1

[1]) Jahresbericht f. angew. Botanik, 1907, Bd. 5, S. 177.

Schon der dreijährige Anbau hatte dieselbe Ertragssteigerung als der sechsjährige gegeben. Die Serradella, welche im 1. Jahre eine ganz mangelhafte Entwicklung zeigte, ergrünte im 2. Jahre ganz plötzlich und entwickelte sich dann in erfreulicher Weise. Da andere Serradella in der Nähe nicht vorhanden war, so konnte es sich nicht um eine Infektion handeln, sondern es ist der plötzliche Umschlag in einer eingetretenen Anpassung der betreffenden Bodenbakterien zu suchen. (S. Abb. 1.)

b) Feldversuche.[1])

Hier wurden Serradella und Lupinen angebaut; Serradella 1. nach Senf, 2. nach Serradella, 3. nach Hafer und 4. nach Bohnen; Lupinen 1. nach Senf, 2. nach Serradella, 3. nach Kartoffeln und 4. nach Erbsen. Das Ergebnis war das folgende:

Serradella.

		Auf 1 ha Ober- und unterirdische Masse		
		Frische Substanz dz	Trockensubstanz dz	Stickstoff kg
Versuch A.	Vorfrucht Senf	151,6	29,0	51,76
	„ Serradella (2 mal)	461,2	70,7	216,85
Versuch B.	Vorfrucht Hafer	284,8	42,7	85,06
	„ Bohnen	225,9	36,6	68,23
	„ Serradella . . .	490,2	71,5	228,38

Es wurde also auf der Parzelle, die im zweiten bezw. dritten Jahre Serradella trug, die dreifache Menge an Substanz mit der vierfachen Stickstoffmenge geerntet. Interessant war der prozentische Stickstoffgehalt der Wurzeln. Während die Wurzeltrockensubstanz auf der Parzelle, welche im ersten Jahre Serradella trug, nur 1,36 % Stickstoff enthielt, wies die Wurzeltrockensubstanz der Serradella auf der Parzelle, welche im dritten Jahre Serradella trug, 3,44 % Stickstoff auf. Die von Jahr zu Jahr vermehrte Knöllchenentwicklung, welche bei diesen Versuchen festgestellt wurde, ist ein Zeichen dafür, daß die betreffenden Knöllchenbakterien im Boden bereits vorhanden sind und sich der betreffenden, noch nicht angebauten Leguminosenart, in diesem Falle der Serradella, nur anzupassen haben. (S. Abb. 2.)

Lupinen.

		Auf 1 ha Ober- und unterirdische Masse		
		Frische Substanz dz	Trockensubstanz dz	Stickstoff kg
Versuch A.	Vorfrucht Senf . . .	335,3	56,9	108,51
	„ Serradella .	542,3	95,2	225,90
Versuch B.	Vorfrucht Kartoffeln .	391,6	55,5	96,42
	„ Erbsen . .	322,0	49,4	75,26
	„ Serradella .	508,0	75,9	202,12

[1]) W. Schneidewind, Bericht VII der Versuchswirtschaft Lauchstädt, Landw. Jahrbücher 1910 und Sonderabdruck. Berlin, Verlag von Paul Parey.

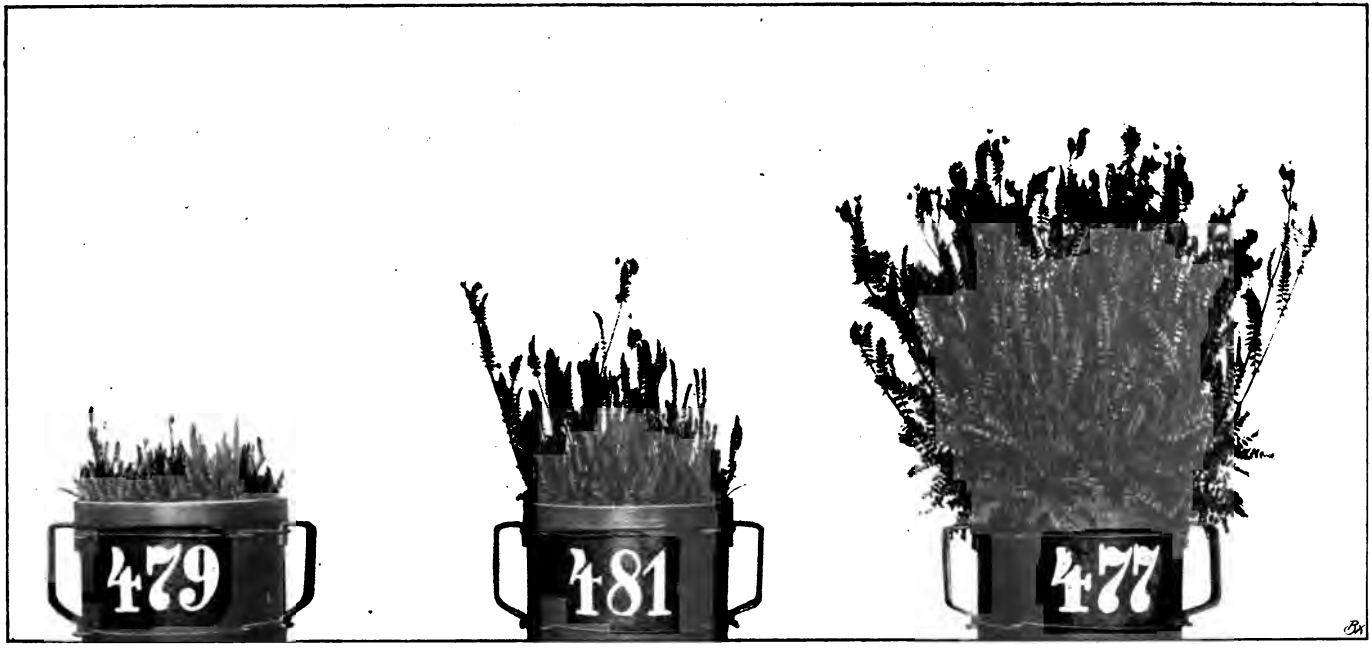


Abb. 1. Serradella. Boden noch nicht Serradella getragen.

I. Anbau. II. Anbau. III. Anbau.

Die auf Erbsen, Senf und Kartoffeln folgenden Lupinen standen nicht gerade schlecht, zeigten aber eine gelblich-grüne Farbe und keinen Knöllchenansatz, ein Zeichen dafür, daß sie sich nur vom Bodenstickstoff ernährt hatten. Ganz gewaltig entwickelten sich die auf die Serradella folgenden Lupinen, die sich

Abb. 2. Serradella.

I. Anbau. II. Anbau.

durch eine dunkelgrüne Farbe und einen reichlichen Knöllchenansatz auszeichneten. (S. Abb. 3a und b.)

Die nach Serradella angebauten Lupinen lieferten über doppelt soviel Stickstoff auf 1 ha, als die nach Erbsen oder Nichtleguminosen angebauten. Serradella- und Lupinenbakterien können sich also direkt vertreten, was bei Erbsen- und Lupinenbakterien nicht der

Abb. 3a.

Lupine nach Kartoffeln.

Lupine nach Serradella.

Fall ist. Der Grund für die üppige Entwicklung der nach Serradella angebauten Lupinen war der, daß die Serradellabakterien für die Lupinen das Feld vorbereitet hatten. Die Ansicht, daß die Lupinen auf einem kalkreichen Boden nicht gedeihen, scheint nach obigem Ergebnis nicht richtig zu sein, denn

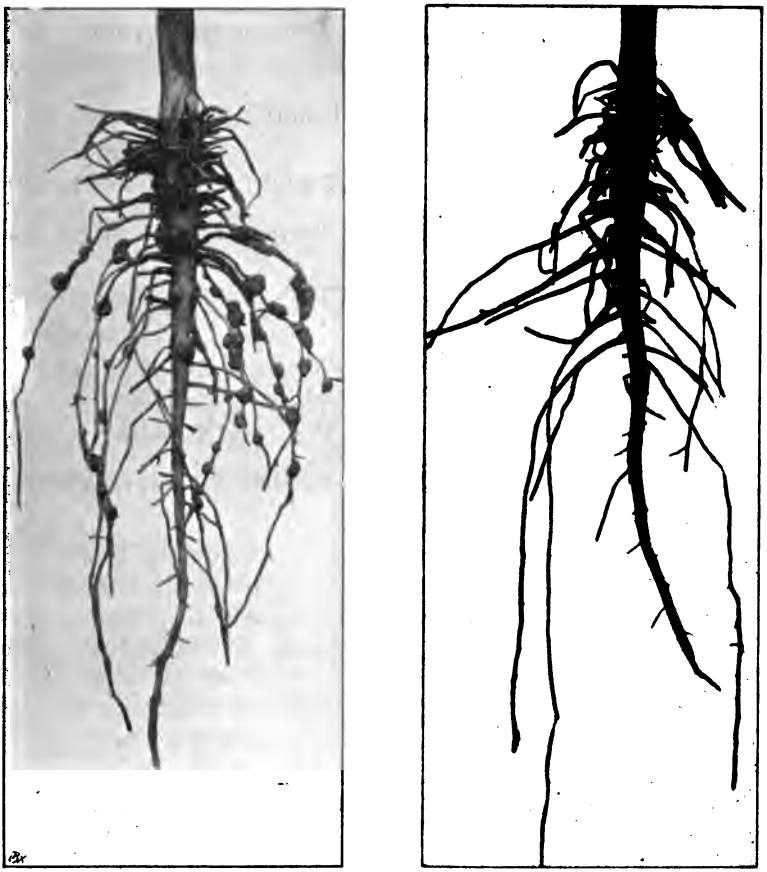


Abb. 3b.

Lupine nach Serradella. Lupine nach Erbsen.

der Lauchstädter humose Lehmboden ist kalkreich. Er enthält in der Ackerkrume 1%, im Untergrund 8—10% Kalk, und auf diesem Boden sind 508 bezw. 542 dz Lupinen mit 202 bezw. 226 kg Stickstoff auf 1 ha geerntet, eine Ernte, wie sie höher der für die Lupine geeignetste Sandboden nicht hervorzubringen vermag.

Die von den Leguminosen gesammelten Stickstoffmengen.

Die in den Leguminosen aufgespeicherten Stickstoffmengen entstammen nicht allein der atmosphärischen Luft, sondern auch dem Boden. Im allgemeinen entnehmen die Leguminosen um so mehr Stickstoff der atmosphärischen Luft, um so stickstoffärmer der Boden ist und umgekehrt. Über die in den Leguminosen aufgespeicherten Stickstoffmengen sind zahlreiche Untersuchungen gemacht. Folgende Beispiele mögen herausgegriffen werden:

Lehmboden (Versuchswirtschaft Lauchstädt).

	Oberirdische Masse
Luzerne, Mittel von 3 Jahren (2 bezw. 3 Schnitte) . .	234,04 kg Stickstoff

Dazu kommt noch der Stickstoff der Wurzelrückstände, welcher ein sehr hoher ist.

Von Weiske und Werner[1]) wurden z. B. folgende Zahlen ermittelt:

			Unterirdische Masse
Luzerne	(4jährig)	in Bodenschichten bis 26 cm . . .	152,6 kg Stickstoff
Rotklee	(1jährig)	„ „ „ 26 „ . . .	214,6 „ „
Esparsette	(3jährig)	„ „ „ 26 „ . . .	138,0 „ „

Nach Untersuchungen von Orth waren bei einer 3jährigen Luzerne auf 1 ha enthalten:

In Bodenschichten	Unterirdische Masse
bis 0,25 m	186,00 kg Stickstoff
0,25—0,50 „	39,76 „ „
0,5 —1,0 „	35,00 „ „
1,0 —1,5 „	25,52 „ „
1,5 —2,0 „	19,28 „ „
2,0 —2,5 „	9,16 „ „
2,5 —3,0 „	1,28 „ „
Zusammen	316,00 kg Stickstoff.

Lehmboden (Versuchswirtschaft Lauchstädt).

	Ober- und unterirdische Masse
Serradella nach mehrjährigem Anbau, Hauptfrucht	217—229 kg Stickstoff
Lupinen nach Serradella, Hauptfrucht	202—226 „ „
Erbsen, Bohnen, Wicken bei bestem Bestande, Stoppelsaat	116—151 „ „
Gelbklee, bei bestem Bestande, Untersaat	112—145 „ „

[1]) H. Werner, Handbuch des Futterbaues. Berlin 1889; Rümker, Über Fruchtfolge. Berlin, Verlag von Paul Parey, 1906.

Lehmboden
(nach Versuchen der Deutschen Landwirtschafts-Gesellschaft).

	Oberirdische Masse
Gemenge, Stoppelsaat	135 kg Stickstoff

Sandboden (nach Schultz-Lupitz).

	Ober- und unterirdische Masse
Lathyrus, Hauptfrucht	174,86 kg Stickstoff
Erbsen, „	222,74 „ „
Lupinen, weiße, Hauptfrucht	182,57 „ „
„ blaue, „	190,85 „ „
„ gelbe, „	142,83 „ „
Serradella, Zwischenfrucht	120,51 „ „
Lupinen, gelbe, Zwischenfrucht	179,10 „ „

Sandboden
(nach Versuchen der Deutschen Landwirtschafts-Gesellschaft).

	Oberirdische Masse
Lupinen, gelbe, Hauptfrucht	195,3 kg Stickstoff
Verschiedene Stoppel- und Untersaaten, Durchschnitt von sieben 2jährigen Versuchen	137,0 „ „

Sandboden (nach Versuchen von Baeßler-Köslin).

	Ober- und unterirdische Masse
Serradella, Zwischenfrucht	155 kg Stickstoff
Lupinen, gelbe, Zwischenfrucht	208 „ „

Danach werden pro Jahr und Hektar durch Luzerne und Klee bei üppigem Wachstum, einschließlich Wurzeln, bis 400 kg Stickstoff und darüber, durch Gründüngungspflanzen, wie Erbsen, Bohnen, Wicken, Lupinen, Serradella, Gelbklee usw., bei gutem Bestande 120—150, bei bestem Bestande bis 200 kg Stickstoff und darüber aufgespeichert. Nehmen wir nach Remy[1]) an, daß in Deutschland 5 Millionen Hektar mit Leguminosen bebaut werden, die Pflanzen pro Hektar nur 100 kg Stickstoff enthalten, und von diesen 100 kg Stickstoff die Hälfte der atmosphärischen Luft entstammt, so würde sich durch den Anbau von Leguminosen für Deutschland ein jährlicher Stickstoffgewinn von 2,5 Millionen Doppelzentnern (5 Millionen Zentnern) ergeben, eine Stickstoffmenge, wie sie in rund 30 Millionen Zentnern Chilesalpeter, d. h. ungefähr der dreifachen Menge des jährlich in Deutschland konsumierten Chilesalpeters vorhanden ist.

Die Impfung der Leguminosen.

Aus den wissenschaftlichen Untersuchungen über die Leguminosen-Symbiose ist als praktische Konsequenz die künstliche Infektion (Impfung) hervorgegangen. Durch die Impfung bezwecken wir die Übertragung wirksamer Leguminosen-

[1]) Zentralblatt für Bakteriologie 1907, S. 456.

Bakterien auf die Pflanzen. Dies kann geschehen mit Impferde, die man einem Leguminosenboden entnimmt, auf welchem die betreffenden Leguminosen gut gedeihen, oder mit Leguminosenbakterien-Reinkulturen. Solche sind 1. die Hiltnerschen Kulturen, welche unter dem Namen Nitragin seitens der agrikulturbotanischen Anstalt in München für Bayern abgegeben und außerhalb Bayerns von der Nitraginzentrale A. Kühn in Bonn geliefert werden, und 2. die Simonschen Kulturen, welche unter dem Namen Azotogen neuerdings von der Firma Humann & Theißler-Dona bei Dresden vertrieben werden. Beide Kulturen sind von guter Wirksamkeit.

Es ist klar, daß eine solche Impfung überall da von Erfolg sein wird, wo die betreffenden Leguminosenbakterien nicht oder nicht in geeigneter Form im Boden vorhanden sind.

So hatte z. B. ein Versuch Hellriegels, welchen derselbe mit einem sterilen stickstofffreien Sandboden ausführte, folgendes Ergebnis:

Sandboden (stickstofffrei).

	Ernte-Trockensubstanz g
Serradella, nicht infiziert, nicht behandelt . .	0,078
„ infiziert mit Bodenaufguß . . .	15,788
Erbsen, nicht infiziert, nicht behandelt . . .	0,705
„ infiziert mit Bodenaufguß	18,001
Lupinen[1]), nicht infiziert, nicht behandelt . .	0,915
„ infiziert mit Bodenaufguß. . . .	44,315

Es ist also bei diesem Versuch auf einem stickstofffreien, sterilen Sandboden so gut wie nichts geerntet, während auf einem infizierten Sandboden eine hohe Produktion erzielt wurde.

Ebenso ist auf stickstoffhaltigen Kulturböden überall da ein Erfolg der Impfung zu erwarten, wo die betreffenden Leguminosen noch nie angebaut wurden. So wurden z. B. in der Versuchsstation Halle a. S. von B. Heinze bei einem Vegetationsversuch mit einem Lehmboden, der noch nie Serradella und Lupinen getragen hatte, folgende Ernten ermittelt:

Lehmboden (noch nicht Serradella und Lupinen getragen).

	Ernte-Trockensubstanz g
Serradella, nicht geimpft	16,8
„ geimpft mit Nitragin.	57,4
„ geimpft mit Impferde	61,6
Lupinen, nicht geimpft	22,5
„ geimpft mit Nitragin	49,1
„ „ „ Impferde.	50,1

[1]) Die Lupinen hatten doppelt soviel Bodenvolumen zur Verfügung und doppelt soviel Bodenaufguß erhalten als die Serradella und die Erbsen.

Die betreffenden Leguminosen waren noch niemals auf jenem Boden angebaut; es fehlte zunächst an der geeigneten Bakterienform, infolgedessen auch hier die Impfung einen durchschlagenden Erfolg hatte. Gleichzeitig zeigte dieser Versuch, daß sowohl die Reinkultur als auch eine Impferde von guter Wirksamkeit ist.

Baut man auf einem Boden, welcher noch nie Lupinen und Serradella getragen hat, diese Leguminosen einige Jahre hindurch an, so wird der Boden lupinen- und serradellafähig und es können mit einem solchen Boden erfolgreiche

Abb. 4. Lupinen. Boden noch nicht Lupinen getragen.
Nicht geimpft. Geimpft.

Impfungen auf anderen Böden vorgenommen werden, wie die vorstehende Abbildung eines von B. Heinze in der Versuchsstation Halle ausgeführten Vegetationsversuches zeigen mag. (S. Abb. 4.)

Nach diesen Ausführungen ist es klar, daß auch auf dem freien Felde überall da ein Erfolg der Impfung zu erwarten ist, wo die betreffenden Leguminosen noch nie angebaut wurden oder wo sie lange Jahre hindurch in der Fruchtfolge gefehlt haben. Es bestätigen dies z. B. folgende Versuchsergebnisse:

Feldversuche.

Hochmoorboden (Neuland). Versuche von Br. Tacke und A. Salfeld[1]).

	Ernte Körner pro ha dz	Stroh pro ha dz	Stickstoff in der Ernte kg
Erbsen[2]) nicht geimpft	4,75	5,13	16,95
„ geimpft mit Impferde	8,09	7,22	33,90

Hochmoorboden (Neuland). Versuche von Hjalmar von Feilitzen[3]).

	Ernte frisch pro ha dz
Blaue Lupinen, nicht geimpft	24,50
„ „ geimpft mit Azotogen . . .	123,80
„ „ „ „ Impferde . . .	125,00
Gelbe Lupinen, nicht geimpft	14,75
„ „ geimpft mit Azotogen . . .	169,00
„ „ „ „ Impferde . . .	191,00

Heidesand (Neuland). Versuche von Salfeld[4]).

	Ernte frisch pro ha dz
Gelbe Lupinen, nicht geimpft	49,00
„ „ geimpft mit Impferde . . .	214,70

Sandiger Lehmboden (längere Zeit keine Leguminosen spez. keine Lupinen getragen). Versuche von Dietrich.

	Ernte frisch pro ha dz
Blaue Lupinen, nicht geimpft	50,00
„ „ geimpft	82,50

Humoser Lößlehmboden (noch nie Serradella getragen). Versuche der Versuchswirtschaft Lauchstädt[5]).

	Ernte frisch pro ha dz	In der Ernte Stickstoff kg
Serradella als Gründüngung, nicht geimpft . . .	27,0	18,80
„ „ „ geimpft mit Nitragin	72,5	57,81

---

[1]) Landwirtschaftliche Jahrbücher 1898.

[2]) gekalkt.

[3]) Zentralblatt für Bakteriologie 1911. Jena, Verlag von Gustav Fischer.

[4]) Landwirtschaftliche Presse 1891, Nr. 102.

[5]) W. Schneidewind, Bericht VI der Versuchswirtschaft Lauchstädt, Jahrbücher 1907 und Sonderabdruck. Berlin, Verlag von Paul Parey.

Diese Versuche beweisen zur Genüge, daß überall da, wo die betreffenden Leguminosen noch nie angebaut wurden, oder wo das Land die betreffenden Leguminosen längere Zeit nicht getragen hat, ein durchschlagender Erfolg durch eine Impfung zu erwarten ist.

Bei der Frage der Impfung möchte der Verfasser aber noch besonders einmal darauf hinweisen, daß auch ohne Impfung durch fortgesetzten Anbau von noch nicht angebauten Leguminosen, wobei eine Anpassung der im Boden vorhandenen Bakterien stattfindet, sehr hohe Erträge mit einem hohen Stickstoffgewinn erzielt werden (siehe S. 50—55).

Wenn aus diesen Versuchen hervorgeht, daß bei solchen Leguminosen, welche noch nicht angebaut wurden, die bereits im Boden vorhandenen Leguminosenbakterien mit der Zeit sich den betreffenden Leguminosen anpassen und sodann ein kräftiges Gedeihen derselben bewirken, so soll damit die Impfung nicht verworfen werden. Weshalb soll man in solchem Falle nicht schon im ersten oder in den beiden ersten Jahren, wo die betreffenden Bodenbakterien noch wirkungslos sind oder eine volle Wirkung noch nicht zeigen, durch eine Impfung die Produktion zu vermehren suchen?

Die Leguminosen, zu welchen von den landwirtschaftlichen Kulturpflanzen gehören: Bohnen, Wicken, Erbsen, Lathyrus, Linsen, Lupinen, Serradella, die Kleearten, Luzernearten, Esparsette und die Ginsterarten können ebenso wie alle übrigen Pflanzen die Stickstoffverbindungen des Bodens und die Düngung aufnehmen und ausnutzen. Sie machen von ihrer Fähigkeit, den freien Stickstoff der Atmosphäre zu assimilieren, hauptsächlich nur dann Gebrauch, wenn es ihnen an Stickstoffverbindungen im Boden fehlt. Da die Knöllchenbildung und damit die Fähigkeit, den Stickstoff zu assimilieren, nicht in dem allerersten Stadium vorhanden ist, so ist häufig eine schwache Düngung für die erste Entwicklung vorteilhaft, besonders auf stickstoffarmen Böden. Die günstige Wirkung des Stalldüngers bei Leguminosen ist jedenfalls teilweise auf die Stickstoffwirkung des Stalldüngers zurückzuführen.

b) Die im Boden freilebenden stickstoffassimilierenden niederen Organismen.

Eine Vermehrung des Bodenstickstoffs bei Ausschluß von Leguminosen ist schon vor einer längeren Reihe von Jahren beobachtet worden, unter anderem von Berthelot, Frank und dann von Caron. Seit dieser Zeit hat man verschiedenen Bakterien, Pilzen und Algen die Fähigkeit der Stickstoffassimilation zugeschrieben, ohne aber den tatsächlichen Beweis dafür erbracht zu haben. Bestimmt nachgewiesen ist die Fähigkeit der Stickstoffassimilation bei den sogenannten Clostridiumorganismen durch Winogradsky, bei den blaugrünen Algen (Cyanophyceen) durch Beyerinck, Heinze u. a. und vor allem bei den sogenannten Azotobakterorganismen. Die letzteren sind in ihrer Wirkungs-

weise, sowie in ihren Wachstumsbedingungen von allen stickstoffsammelnden Organismen am besten studiert und spielen jedenfalls auch praktisch die wichtigste Rolle. Eingehende Arbeiten über die Stickstoffassimilation dieser Organismen sind angestellt worden von Beyerinck, Krüger und dem Verfasser, Heinze, Gerlach und Vogel, von Freudenreich, Koch, Hiltner u. a. Die Azotobakterorganismen sind weit verbreitet; man hat sie gefunden in den verschiedensten Ackerböden, Wiesenböden, im Sande der Meeresdünen, im Meereswasser usw. Die Azotobakterorganismen sind zuerst als Reinkulturen von W. Krüger gewonnen worden und die ersten Zahlen über eine Stickstoffzunahme an der Hand von Reinkulturen sind von Krüger und dem Verfasser erbracht worden, dann von Gerlach und Vogel, Heinze u. a. Dafür, daß die Azotobakterorganismen fähig sind, ohne feste Stickstoffverbindungen zu leben und den freien Stickstoff der Atmosphäre zu fixieren, mögen folgende Beispiele angeführt werden:

Versuche von W. Krüger und dem Verfasser[1]) (Reinkulturen).

Menge der Nährflüssigkeit (Traubenzucker + Mineralstoffe)	Stickstoffgehalt der Kulturen nach Ablauf des Versuchs		Zunahme Stickstoff
	steril ungeimpft	geimpft	
ccm	mg	mg	mg
100	0,3	4,9	4,6
200	0,6	7,4	6,8
300	0,9	9,4	8,5

Die Organismen entwickelten sich üppig in den stickstofffreien Nährlösungen, um so üppiger, um so mehr Zucker ihnen als Kohlenstoffquelle geboten wurde; betrug der Stickstoffgewinn bei 100 ccm Nährlösung 4,6 mg, so betrug er bei 200 ccm 6,8, bei 300 ccm 8,5 mg.

Versuche von Gerlach und Vogel[2]) (Reinkulturen).

Menge der Nährflüssigkeit (Traubenzucker + Mineralstoffe)	Stickstoffgehalt der Kulturen vor dem Versuch	nach dem Versuch	Zunahme Stickstoff
	mg	mg	mg
1000 ccm, darin 5 g Traubenzucker steril ungeimpft	1,1	1,1	0,0
„ „ darin 1 g Traubenzucker geimpft . .	1,1	8,5	7,4
„ „ „ 3 „ „ „ . .	1,1	18,4	17,3
„ „ „ 5 „ „ „ . .	1,1	40,5	39,4
„ „ „ 7 „ „ „ . .	1,1	61,0	59,9
„ „ „ 12 „ „ „ . .	1,1	129,0	127,9

Diese Versuche zeigen noch besser als die vorigen, in welcher Weise die Stickstoffbindung mit steigender Nährstoffzufuhr (in diesem Falle auch wieder Traubenzucker) zunimmt. Betrug der Stickstoffgewinn bei 1 g Traubenzucker nur 7,4 mg, so betrug derselbe z. B. bei 5 g Traubenzucker 39,4 mg, bei 12 g Trauben-

[1]) Landw. Jahrbücher 1900, Bd. 29.
[2]) Zentralblatt für Bakteriologie 1902.

zucker 127,9 mg Stickstoff. Die bei diesen Versuchen stattgefundene außerordentlich hohe Stickstoffassimilation ist zum Teil auch mit zurückzuführen auf die große Oberfläche der Nährflüssigkeit, welche den Organismen geboten wurde.

Versuche von Heinze[1]) (Rohkulturen).

Kulturböden	Stickstoffgehalt der Kulturen[2]) vor dem Versuch	nach dem Versuch	Zunahme Stickstoff
	mg	mg	mg
25 g Lehmboden + 200 ccm Nährflüssigkeit	31,9	54,3	22,4
25 g Sandboden + 200 ccm Nährflüssigkeit	14,5	48,5	34,0

Es sind demnach auch hier bei Benutzung von Böden ganz erhebliche Stickstoffzunahmen festgestellt worden; sie betrugen im vorliegenden Falle beim Lehmboden 70 %, beim Sandboden sogar 234 % der zu Anfang vorhandenen Stickstoffmengen.

Zahlreiche ähnliche Versuche liegen noch vor, aus denen ebenfalls hervorgeht, daß unter geeigneten Bedingungen eine ganz erhebliche Stickstoffzunahme im Boden oder anderen Nährböden erzielt werden kann. So steht es denn unzweifelhaft fest, daß wir in unseren Ackerböden mit solchen Organismen rechnen können, die unter geeigneten Lebensbedingungen den freien Stickstoff der Atmosphäre zu fixieren und unsere Böden an Stickstoff anzureichern vermögen.

Welches sind nun die Lebensbedingungen für diese Organismen? Sie gebrauchen:

1. eine feste Kohlenstoffquelle, da sie nicht wie unsere höheren Pflanzen imstande sind, die Kohlensäure der Atmosphäre zu assimilieren. In Reinkulturen können sie als Kohlenstoffquelle ausnutzen: Verschiedene Zuckerarten, Glykogen, Stärke, Mannit, Pektinstoffe und ähnliche Stoffe; in Rohkulturen, so wie solche in unseren Ackerböden in Frage kommen, auch andere Stoffe, wie Humusstoffe, Pentosane, Wurzeln, Stengel, Blätter usw. Die letzteren Stoffe bilden für sie die natürliche Kohlenstoffquelle in unserem Ackerboden.

Hierbei ist aber zu bemerken, daß alle diese Kohlenstoffquellen, wenn sie in frischem, unzersetztem Zustande dem Boden einverleibt werden, zuerst eine Festlegung der löslichen Stickstoffverbindungen und zum Teil Verluste von freiem Stickstoff hervorrufen, wodurch zunächst eine Ernteerniedrigung stattfindet.[3]) Erst in späterer Zeit, wo jene Kohlenstoffverbindungen eine Umsetzung im Boden oder außerhalb des Bodens erfahren haben, fördern sie die stickstoffsammelnde Tätigkeit der niederen Organismen und rufen dann eine Ernteerhöhung hervor. Es zeigt dies die folgende Abbildung 5, welche Versuchen der Versuchsstation Halle entstammt, die speziell von B. Heinze angestellt wurden. Aus diesen Versuchsergebnissen, mit welchen alle anderen Versuche,

[1]) B. Heinze, Über die Stickstoffassimilation durch niedere Organismen, Landw. Jahrbücher und Arbeiten der agr.-chem. Versuchsstation Halle a. S. 1906.

[2]) Mittel von zwei genau übereinstimmenden Versuchen.

[3]) Siehe spätere Abschnitte.

Abb. 5. Buchweizen. Boden nach Zuckerzusatz längere Zeit gelagert.
Ohne Zucker, 1 g Stickstoff-Salpeter. Ohne Zucker, ohne Stickstoff. Mit Zucker, ohne Stickstoff.

welche von anderen Forschern, besonders von Koch, nach dieser Richtung angestellt wurden, übereinstimmen, geht hervor, daß die organischen Substanzen (im vorliegenden Falle Zucker und Stroh) zunächst eine Ernteerniedrigung hervorrufen und dann erst später eine Ernteerhöhung. Das Gesamtergebnis ist ein positives. So hat z. B. B. Heinze[1]) bei längerer Lagerzeit von organischen Substanzen im Boden folgende Zahlen gewonnen:

Buchweizen.

Bodengemisch $^2/_3$ Sand + $^1/_3$ Lehmboden	Ernte pro Gefäß	Stickstoff	Stickstoff in der Ernte
	g	%	g
Ohne Zucker	14,3	0,97	0,14
Mit Zucker	57,3	1,35	0,77
Lehmboden			
Ohne Stroh	24,3	1,04	0,25
Mit Stroh	45,4	1,13	0,51

Zucker sowohl als Stroh hatten nach längerer Lagerzeit eine außerordentlich hohe Ernteerhöhung hervorgerufen, wobei der prozentische Stickstoffgehalt stiegen und ein erheblicher Stickstoffgewinn erzielt worden war.

2. die erforderlichen Mineralstoffe. Ebenso wie die höheren Pflanzen können auch sie nicht ohne Mineralstoffe leben. Als sehr wichtig hat sich die Phosphorsäure erwiesen; die geeignetsten Formen der Phosphorsäure sind nach Versuchen von Heinze das zwei- und dreibasische Kalisalz und das zweibasische Kalksalz (Präzipitat), in das bekanntlich unser Superphosphat im Boden bald übergeht. Wie wichtig die Phosphorsäure ist, möge ein Beispiel[2]) zeigen:

25 g Lehmboden + 100 ccm Nährflüssigkeit	Stickstoffgehalt der Kulturen zu Anfang des Versuchs	am Ende des Versuchs	Zunahme Stickstoff
	mg	mg	mg
Ohne Phosphorsäure . . .	29,2	30,2	1,0
Mit „ . . .	29,2	45,0	15,8

War die Stickstoffzunahme ohne Phosphorsäure (Rohkulturen) so gut wie Null, so betrug dieselbe mit Phosphorsäure über 50% des zu Anfang vorhandenen Stickstoffs.

Eine sehr wichtige Rolle spielt auch der Kalk, wie folgender Versuch mit Rohkulturen von Heinze[2]) zeigt. Es enthielten:

[1]) Jahresbericht der Vereinigung für angewandte Botanik. Berlin, Verlag von Gebrüder Borntraeger, 1911.

[2]) Landw. Jahrbücher und Arbeiten der agrikultur-chemischen Versuchsstation Halle a. S. 1906.

12,5 g Lehmboden + 100 ccm Nährflüssigkeit	Stickstoffgehalt der Kulturen zu Anfang des Versuchs	am Ende des Versuchs	Zunahme Stickstoff
	mg	mg	mg
1,0 % kohlensaurer Kalk . .	14,0	50,9	36,9
2,5 „ „ „ . .	14,0	57,7	43,7
5,0 „ „ „ . .	14,0	63,6	49,6
10,0 „ „ „ . .	14,0	64,8	50,8

Es wurden demnach hier ganz gewaltige Stickstoffzunahmen konstatiert, welche bei den höheren Kalkgaben bis zu 360 % des zu Anfang vorhandenen Stickstoffgehalts aufstiegen.

3. eine zweckmäßige Durchlüftung. Die Azotobakterorganismen kommen immer zahlreich und gut entwickelt in Brachböden vor. Da in einem gebrachten Boden die beste Durchlüftung stattfindet, so steht es wohl fest, daß durch alle Bodenbearbeitungen, durch welche eine Durchlüftung erzielt wird, die Entwicklung dieser Organismen gesteigert und damit der Stickstoffgewinn erhöht werden kann (siehe Brache).

4. eine entsprechende Temperatur. Nach Versuchen von Heinze erfolgt die Entwicklung der Azotobakterorganismen am besten bei Temperaturen zwischen 20 und 30° C.; indessen kann man Vegetationen auch noch ganz gut bei 8—10° C. erhalten, nur geht alsdann die Entwicklung viel langsamer vor sich.

Soweit die wissenschaftlichen Untersuchungen. Was haben wir nun von diesen nützlichen Organismen in der großen Praxis zu erwarten, erfährt auch dort unser Boden durch diese Stickstoffquellen eine nennenswerte Stickstoffzunahme?

Ein Nachweis für die stickstoffsammelnde Tätigkeit dieser Organismen läßt sich für das freie Land nicht leicht erbringen und zwar aus folgenden Gründen:

1. Es ist die stickstoffsammelnde Tätigkeit hier geringer als bei den betreffenden Laboratoriums- und Vegetationsversuchen, wo man sich besonders günstige Lebensbedingungen für jene Organismen geschaffen hat.

2. Es finden neben dem Stickstoffgewinn größere Stickstoffverluste, besonders durch Auswaschen des gebildeten Salpeters, statt.

3. Es bestehen Schwierigkeiten in den Bodenprobenahmen und Stickstoffanalysen.

Da im freien Lande dem Stickstoffgewinn fortwährend größere Verluste gegenüberstehen, läßt sich durch die Bodenanalyse nur das Gesamtergebnis aller dieser Vorgänge zum Ausdruck bringen.

Wissenschaftlich-praktische Versuche sind nach dieser Richtung hin vom Verfasser, D. Meyer und F. Münter[1]) in der Versuchswirtschaft Lauchstädt

[1]) W. Schneidewind, D. Meyer und F. Münter, Untersuchungen über den Stickstoffhaushalt des Bodens. Fühlings Landwirtsch. Zeitung 1911.

angestellt worden. Es wird dort dauernd der Stickstoffgehalt des Bodens einerseits verfolgt bei bestellten Parzellen, andererseits bei nicht bestellten. Gleichzeitig wird bei diesen Versuchen der Einfluß organischer Substanzen auf den Stickstoffgehalt des Bodens ermittelt. Als organische Substanzen sind gewählt worden Zucker, Stroh und Torf, welche immer im Herbst verabfolgt werden. Die zur Verwendung kommenden Mengen betragen 20 dz organischer Substanz pro Hektar und Jahr. Die Parzellen werden stets auf eine Tiefe von 25 cm, also auf eine größere Pflugtiefe, gegraben und auf diese Tiefe der Boden auch stets auf seinen Stickstoffgehalt untersucht. Die Probenahme erfolgt in der Weise, daß von jeder Parzelle auf 25 cm Tiefe 2 getrennte Proben genommen werden, die aus einer größeren Anzahl von einzelnen Bohrungen gewonnen werden.

Die chemische Analyse, welche nach Kjeldahl ausgeführt wird, ist durch Verwendung von ganz verdünnter Schwefelsäure und Natronlauge zu einer sehr genauen ausgearbeitet worden. Bei der Bodenprobenahme war zu Anfang der Versuche die größte Differenz rund 0,004 %, später nur noch rund 0,002 % Stickstoff: in den meisten Fällen stimmten die Proben fast genau überein. Die Analyse ergab als größte Differenz nur rund 0,001 % Stickstoff.

Die Anlage der Parzellen erfolgte 1908 und in diesem Jahre auch die erste Probenahme. Die zweite Probenahme erfolgte erst wieder im Jahre 1911, also nach 3 Jahren. Die bestellten Parzellen trugen 1909 Futterrüben, 1910 Hafer und 1911 Kartoffeln. Es enthielt der Boden 1911 gegen den Boden 1908 im Durchschnitt der Untersuchungen prozentisch an Stickstoff weniger:

Unbestellte Parzellen.

Parzellen	Durchschnitt mit Berücksichtigung des N der organischen Substanz % N
Ohne organische Substanz	— 0,0097
Zucker	— 0,0105
Stroh	— 0,0089
Torf	— 0,0092

Es hatte demnach überall eine deutliche Abnahme an Stickstoff stattgefunden. Rechnen wir diese Verluste auf 1 ha um, so erhalten wir unter Berücksichtigung des Stroh- und Torfstickstoffs bei dem Gewicht des Lauchstädter Bodens von 1200 kg pro 1 cbm und 25 cm Tiefe folgende absoluten Stickstoffverluste:

Unbestellte Parzellen.

Parzellen	Verlust in 3 Jahren kg N pro ha	Verlust in 1 Jahr kg N pro ha
Ohne organische Substanz	— 290	— 97
Zucker	— 315	— 105
Stroh	— 266	— 89
Torf	— 275	— 92
Durchschnitt	— 289	— 96

Ein Einfluß der organischen Substanzen, Zucker, Stroh und Torf, auf den Stickstoffgehalt des Bodens war demnach nicht nachweisbar. Der Torf ist als solcher ziemlich indifferent, da er Bakteriennährstoffe so gut wie nicht enthält, vom Stroh und Zucker wissen wir dagegen, daß bei ihrer Gegenwart zunächst Stickstoffverluste stattfinden und größere Mengen von löslichen Stickstoffverbindungen in unlösliche verwandelt werden und daß sich später dann die umgekehrten Prozesse, Stickstoffassimilation und Wiederauflösung der unlöslichen Stickstoffverbindungen in erhöhtem Maße einstellen. Entweder haben sich diese umgekehrt verlaufenden Prozesse, da in jedem der 3 Jahre frische Substanz zugeführt wurde, in ihrer Wirkung aufgehoben, oder aber es ist ein eventueller Stickstoffgewinn in die untere Tiefe gewaschen oder auch zum Teil zersetzt worden. Jedenfalls sind die Verluste in den oberen Ackerschichten bei dem unbestellten Boden bedeutende. Sie betrugen im Durchschnitt jährlich 96 kg N pro Hektar = 48 Pfd. pro Morgen, also rund 3 Ztr. Chilesalpeter. Hiermit stehen gut im Einklang die früheren Untersuchungen Krügers[1]), welcher fand, daß im Lauchstädter Boden auf unbestellten gebrachten Parzellen folgende Salpetermengen gebildet wurden:

Brache I	85 kg N pro Hektar
Brache II	85 „ „ „ „
Brache III	95 „ „ „ „

Diese großen Mengen von Salpeter werden auf unbestelltem Boden in die unteren Schichten gewaschen, zum kleineren Teil auch zersetzt und so erklärt sich die Abnahme des nicht bebauten Bodens an Stickstoff. Wie außerordentlich groß die Stickstoffverluste auf einem unbestellten Boden sind, zeigen die Gerlachschen Lysimeterversuche; bei diesen waren dem unbestelltem Boden 2—3mal so große Stickstoffmengen durch die Sickerwässer entzogen als dem bestellten. Auf alle Fälle steht fest, daß auf einem unbestellten Boden mehr Stickstoff verloren geht, als ihm durch die nützlichen bakteriologischen und chemisch-physikalischen Vorgänge an Stickstoff neu zugeführt wird. Aus diesem Grunde werden wir jedenfalls auch schon bei einjähriger Brache bei sehr tätigen Böden stärkeren Raubbau treiben.

Ganz anders gestaltete sich die Sache auf den bestellten Parzellen. Trotzdem hier die Pflanzen dem Boden große Stickstoffmengen entzogen hatten, war der prozentische Gehalt des Bodens an Stickstoff auf diesen Parzellen weit weniger zurückgegangen als auf den unbestellten Parzellen. Es betrug die Abnahme:

Bestellte Parzellen.

Parzellen	Durchschnitt mit Berücksichtigung des N der organ. Subst. % N
Ohne organische Substanz	— 0,0062
Zucker	— 0,0037
Stroh	— 0,0038
Torf	— 0,0035

[1]) Landwirtschaftliche Jahrbücher 1907.

Mit Berücksichtigung des durch die Ernten dem Boden entzogenen Stickstoffs haben wir hier auf den bestellten Parzellen keine Verluste, sondern einen Gewinn an Stickstoff zu verzeichnen. Er betrug unter Berücksichtigung des durch die organischen Substanzen dem Boden zugeführten und durch die Ernten entzogenen Stickstoffs:

Bestellte Parzellen.

Parzellen	Verlust in 3 Jahren kg Boden-N pro ha	Durch Ernten entzogen in 3 Jahren kg Boden-N pro ha	Gewinn in 3 Jahren kg N pro ha	Gewinn in 1 Jahr kg N pro ha
Ohne org. Subst.	— 186	243	+ 57	+ 19
Zucker	— 109	212	+ 103	+ 34
Stroh	— 113	221	+ 108	+ 36
Torf	— 104	232	+ 128	+ 42
Durchschnitt	—128	227	+ 99	+ 33

Es ist also hier ein deutlich nachweisbarer Gewinn zu verzeichnen. Er betrug pro Jahr und Hektar im Durchschnitt 33 kg N, also über 1 Ztr. Salpeter pro Morgen, während auf den unbestellten Parzellen ein Stickstoffverlust von 96 kg N pro Jahr = ca. 3 Ztr. Salpeter pro Morgen stattgefunden hatte. Die Gründe hierfür sind, daß auf den bestellten Parzellen nicht soviel Salpeter gebildet wurde, als auf den lockeren Brachparzellen und daß der gebildete Salpeter von den Pflanzen zum großen Teil aufgenommen worden war. Das ist ein sehr erfreuliches Ergebnis. Es zeigt uns, daß die nützlichen bakteriologischen und chemisch-physikalischen Vorgänge im Boden überwiegen und daß aus diesem Stickstoffgewinn die Pflanzen auch einen Nutzen ziehen können. Wenn auch die Pflanzen mit ihren Wurzeln einen Teil des Stickstoffs aus tieferen Schichten aufnahmen, so wird dieser Stickstoff höchstwahrscheinlich aus den oberen Schichten erst in die unteren hineingewaschen worden sein, da in den unteren, nicht bearbeiteten, festen Schichten eine nennenswerte Salpeterbildung nicht stattfinden wird. Mag dem nun sein wie es wolle, jedenfalls ist für die bearbeitete Ackerkrume von 25 cm ein Stickstoffgewinn zu konstatieren, während bei den unbestellten Parzellen für dieselbe Tiefe ein erheblicher Stickstoffverlust eingetreten ist. Zu demselben Ergebnis führen auch die Untersuchungen, welche wir bei den großen, statischen Versuchsparzellen der Versuchswirtschaft Lauchstädt ausführen. Auch hier können wir einen Gewinn nachweisen, der auf den Mineralparzellen in dem Stickstoffgehalt des Bodens und der Ernten deutlich zum Ausdruck kommt.

Was die Ernten betrifft, so waren diese durch den Torf so gut wie nicht, dagegen durch das Stroh und den Zucker im Durchschnitt etwas nachteilig beeinflußt worden, trotzdem diese Substanzen bereits im Herbst verabfolgt wurden. Es ist also für deren erwünschte Umsetzung eine längere Zeit notwendig. Die Zucker- und Strohparzellen hatten den Pflanzen die geringsten Stickstoffmengen geliefert. Es betrug die durchschnittliche Stickstoffaufnahme:

Bestellte Parzellen (Stickstoffaufnahme).

	Ohne org. Subst. kg N pro ha	Torf kg N pro ha	Stroh kg N pro ha	Zucker kg N pro ha
Futterrüben 1909 . .	98,14	95,32	89,02	95,45
Hafer 1910	72,96	68,27	64,34	54,46
Kartoffeln 1911. . .	71,40	68,27	67,48	61,98
Summa	242,50	231,86	220,84	211,89

Der bekannte schädigende Einfluß der frischen organischen Substanz auf die Stickstoffaufnahme kommt also noch zum Ausdruck, trotzdem die Substanzen schon im Herbst verabreicht wurden. Bei deren längerem Lagern im Boden werden sich die Verhältnisse umkehren.

Aus diesen Untersuchungen geht hervor:

1. Ein nicht bestellter gebrachter Boden nimmt an Stickstoff ab. Der Bodenstickstoff unterliegt hier in besonders hohem Maße der Salpeterbildung; der aus dem Bodenstickstoff gebildete Salpeter und der durch die nützlichen bakteriologischen und chemisch-physikalischen Vorgänge dem Boden zugeführte und nitrifizierte Stickstoff wird in tiefere Schichten gewaschen oder auch zum Teil zersetzt. Im Durchschnitt der verschiedenen Versuche betrugen die jährlichen Stickstoffverluste 96 kg N pro Hektar, also über 3 Ztr. Salpeter pro Morgen. Auch bei einer einjährigen Brache wird ein großer Teil dieses gebildeten Salpeters für die Nachfrucht verloren gehen und ein mehr oder weniger starker Raubbau getrieben werden.
2. Auf einem bestellten Boden erfolgt eine geringere Abnahme des Bodenstickstoffs, trotzdem die Ernten dem Boden schon große Stickstoffmengen entnehmen. Salpeter wird hier weniger gebildet als auf den lockeren Brachparzellen, also auch weniger Stickstoff ausgewaschen, und der gebildete Salpeter zu einem großen Teil von der Pflanze aufgenommen. Einschließlich des von den Pflanzen aufgenommenen Stickstoffs war hier ein Gewinn an Stickstoff zu verzeichnen. Durch die nützlichen bakteriologischen und chemisch-physikalischen Prozesse war also hier dem Boden mehr Stickstoff zugeführt, als ihm durch die schädlichen Vorgänge entzogen wurde. Anzunehmen ist ja, daß der von den Pflanzen aus den tieferen unbearbeiteten Schichten aufgenommene Salpeter der bearbeiteten Ackerkrume entstammt. Bei den vorliegenden Versuchen betrug der jährliche Stickstoffgewinn auf 25 cm Tiefe einschließlich der in den Ernten enthaltenen Stickstoffmengen 33 kg Stickstoff pro Hektar, also über 1 Ztr. Salpeter pro Morgen.

3. Organische Substanzen, wie Stroh und Zucker, hatten die Stickstoffaufnahme durch die Pflanzen, trotzdem sie im Herbst gegeben wurden, etwas herabgedrückt. Der Verlust bezw. der Gewinn an Gesamtstickstoff war bis jetzt auf den Stroh- und Zuckerparzellen nachweisbar nicht verschieden von dem auf den ungedüngten und mit Torf gedüngten Parzellen.

J. Kühn fand, daß auf Parzellen des Versuchsfeldes des landwirtschaftlichen Instituts der Universität Halle, welche niemals eine Stickstoffdüngung erhielten und alljährlich Roggen trugen, die Erträge nicht zurückgegangen sind und führt diese Erscheinung auf die stickstoffsammelnde Tätigkeit der Bodenorganismen zurück. Es wurden bei diesen Versuchen folgende Erträge ermittelt:

	1879		1894/98 (Durchschnitt)	
	Körner dz	Stroh dz	Körner dz	Stroh dz
Ungedüngt	18,20	24,90	19,74	39,14
Stickstofffreie Düngung .	17,70	25,20	19,76	43,63

Die Erträge sind also in jenen 20 Jahren nicht zurückgegangen, sie haben sogar eine Steigerung, besonders in der Strohproduktion, erfahren. Die Ergebnisse der späteren Jahre sind noch nicht veröffentlicht; es sind aber auch in diesen Jahren die Erträge noch nicht zurückgegangen. Es sind nun bei diesen Versuchen im Durchschnitt von dem Roggen an Bodenstickstoff 29,24 kg Stickstoff jährlich aufgenommen worden, deren Ersatz Kühn der stickstoffsammelnden Tätigkeit der Bodenorganismen zuschreibt. Es ist nun ja möglich, daß der Stickstoffgewinn auf diesen Parzellen die Stickstoffverluste um soviel übertroffen hat, es ist aber auch möglich und vielleicht wahrscheinlich, daß zur Deckung des Stickstoffbedürfnisses des Roggens auch der Bodenstickstoff etwas hergegeben hat.

Nehmen wir an, daß der Boden 0,1 % Stickstoff enthält — das trifft ungefähr für den Boden des Versuchsfeldes des Hallenser landwirtschaftlichen Instituts zu — die Pflanzen auf 30 cm Bodentiefe den Stickstoff entnehmen und 1 cbm Boden 1500 kg wiegt, so sind pro Hektar vorhanden: 4500000 kg Boden mit 0,1 % Stickstoff = 4500 kg Stickstoff. Bei den Kühnschen Versuchen sind durch den Roggen pro Jahr dem Boden entzogen worden: 29,24 kg Stickstoff, das macht auf 20 Jahre 585 kg Stickstoff, so daß von 4500 kg Stickstoff noch beinahe 4000 kg verbleiben würden. Es sind also derartige Kulturböden auf lange Zeit imstande, den Stickstoff für mäßige Ernten zu liefern.

Ein solches Gleichbleiben der Erträge auf nicht mit Stickstoff gedüngten Parzellen ist auch bis jetzt vom Verfasser auf dem humosen Lößlehmboden der Versuchswirtschaft Lauchstädt festgestellt worden. Es sind dort auf Parzellen, welche nur eine Düngung mit Phosphorsäure und Kali erhalten, folgende durchschnittliche Erträge ermittelt worden:

Parzellen ohne Stickstoffdüngung.

	1897—1909 Körner bezw. Wurzeln oder Knollen pro ha dz	Stroh bezw. Kraut pro ha dz
Weizen nach Kartoffeln . . .	30,9	53,7
Gerste nach Zuckerrüben . . .	24,0	30,1
Zuckerrüben nach Weizen . . .	349,4	175,9
Kartoffeln nach Gerste	212,3	—

Demnach sind pro Morgen ohne jede Stickstoffdüngung im Durchschnitt dieser Jahre geerntet worden 15,5 Ztr. Weizenkörner nach Kartoffeln, 12 Ztr. Gerstenkörner nach Zuckerrüben, 175 Ztr. Zuckerrüben und 106 Ztr. Kartoffeln, so hohe Ernten, wie sie nur ein fruchtbarer humoser Lehmboden hergeben kann.

Die Stickstoffentnahmen waren die folgenden:

	1897—1903[1])	1903[1])—1909
Weizen	58,98	69,81
Gerste	41,16	41,65
Zuckerrüben	109,41	100,36
Kartoffeln	62,05	53,93
Durchschnitt	67,90	66,44

Demnach wurden bei dieser Fruchtfolge auf dem dortigen Boden im Durchschnitt pro Jahr und Hektar dem Boden entzogen **67,17** kg Stickstoff gegenüber **29,24** kg bei der Kühnschen Einfelderwirtschaft mit Roggen. Würde man als Grund für das Gleichbleiben der Erträge in beiden Fällen die stickstoffsammelnde Tätigkeit der Bodenorganismen ansehen, so müßten diese alljährlich auf dem Lauchstädter Boden eine weit größere (eine 2—3mal so hohe) Stickstoffmenge assimilieren, als auf dem Boden des landwirtschaftlichen Versuchsfeldes der Universität Halle. Das ist natürlich ganz unwahrscheinlich, sondern sicher anzunehmen, daß der fruchtbarere Lößlehmboden der Versuchswirtschaft Lauchstädt eine weit größere Menge von seinem Stickstoffkapital hergegeben hat, als der Boden des landwirtschaftlichen Instituts der Universität Halle, daß also bei einer derartigen Fruchtfolge auf solchem Boden Raubbau getrieben wird, welcher auch durch die Analyse unserer vorher aufgeführten Versuche nachgewiesen worden ist. Es hat dort bei der Fruchtfolge Futterrüben, Hafer, Kartoffeln ein Raubbau von **43** kg Stickstoff pro Jahr und Hektar stattgefunden. Denselben Standpunkt vertritt auch Pfeiffer[2]). Er führt Rothamsteder Versuche an, aus deren Ergebnis man schließen muß, daß dort bei dauernder

[1]) 1903 mußten die Parzellen leider verlegt werden; das Jahr 1903 ist zweimal in der Anlage vorhanden.

[2]) Th. Pfeiffer, Stickstoffsammelnde Bakterien, Brache und Raubbau. Berlin, Verlag von Paul Parey, 1904, Zweite Auflage 1912.

Unterlassung einer Stickstoffdüngung Raubbau stattgefunden hat. Es mögen auch hier einige jener Versuchsergebnisse angeführt werden:

Es betrugen die Ernten:

		Weizen		Gerste	
		Körner dz	Stroh dz	Körner dz	Stroh dz
Ungedüngt	Durchschn. der ersten 21 Jahre	9,25	15,23	11,47	14,49
	„ „ folgenden 21 „	7,41	10,52	7,70	8,64
Stickstofffreie Mineraldüngung	Durchschn. der ersten 21 Jahre	11,07	18,68	16,11	17,75
	„ „ folgenden 21 „	8,55	11,93	10,20	10,67

Hier hat also im Laufe jener langen Periode ein deutlicher Ernterückgang stattgefunden. Es wurden auf den stickstofffreien Mineralparzellen in den späteren 21 Jahren im Mittel 2,52 dz Weizenkörner und 6,75 dz Weizenstroh, 5,91 dz Gerstenkörner und 7,08 dz Gerstenstroh weniger geerntet als in den ersten 21 Jahren. Diese nicht unerhebliche Abnahme der Erträge spricht für ein teilweises Aufzehren des Bodenkapitals. Hierfür sprechen auch die in Rothamsted ausgeführten Lysimeteruntersuchungen. Betrugen die Stickstoffverluste bei unbebautem Boden in den 8 Jahren 1877/78—1884/85 im Mittel pro Jahr auf ca. 50 cm Bodentiefe 45,3 kg, so betrugen sie in den darauf folgenden Jahren 1885/86—1892/93 nur 33,3 kg Stickstoff auf 1 ha.[1]) Um so niedriger der Kulturzustand, um so geringer der Stickstoffgehalt des Bodens, um so weniger Stickstoff wird naturgemäß der Boden den Pflanzen zu liefern vermögen; um so höher der Kulturzustand, um so höher der Stickstoffgehalt des Bodens, um so mehr Stickstoff wird den Pflanzen geliefert werden können. Der Verfasser ist überzeugt, daß der Lauchstädter Boden bei seinem vorzüglichen Kulturzustande jene 60—70 kg Stickstoff, welche er jetzt jährlich auf 1 ha den Pflanzen zu liefern vermochte, noch auf lange Jahre liefern wird, so daß eine merkliche Abnahme der Erträge auf den nicht mit Stickstoff gedüngten Parzellen vorderhand sich nicht bemerkbar machen wird.

Auf alle Fälle dürfte aber hinreichend nachgewiesen sein, daß auch unter den natürlichen Verhältnissen auf dem Felde ein nennenswerter Stickstoffgewinn durch die niederen Bodenorganismen zu verzeichnen ist, und es fragt sich nun, ob diese Stickstoffassimilation durch bestimmte Maßnahmen für die Praxis in gewinnbringender Weise gefördert werden kann.

Welche Maßnahmen könnten in Frage kommen?

1. Ist ein Erfolg durch eine Impfung mit solchen Bodenorganismen, speziell mit den Azotobakterorganismen, zu erwarten? Solche Impfversuche sind von W. Krüger und dem Verfasser[2]) in zahlreicher Menge ausgeführt worden. Alle diese Versuche sind negativ verlaufen. Der Grund hierfür ist der, daß die stickstoffassimilierenden Bodenorganismen in allen

[1]) Daß die Erträge auf den Parzellen mit niedriger Stickstoffdüngung auch zurückgegangen sind, würde hiermit direkt nicht im Widerspruch stehen.

[2]) Untersuchungen über Alinit. Landw. Jahrbücher 1898.

Kulturböden in genügender Menge und in gut entwickeltem Zustande vorhanden sind, so daß eine Zuführung von besonderen Kulturen keinen Zweck hat. Die Frage der Impfung liegt also hier ganz anders als bei den Leguminosen, denen es da, wo sie noch nicht angebaut wurden oder lange Zeit in der Fruchtfolge gefehlt haben, an der richtigen Form der Bakterien fehlt.

2. Ist ein praktischer Nutzen durch eine besondere Zufuhr von organischen Stoffen zu erwarten? Eine solche kommt praktisch nicht in Frage, da wir alle die uns für diesen Zweck zur Verfügung stehenden organischen Stoffe, wie Stalldünger, Gründüngungspflanzen und Wurzelrückstände unseren Ackerböden einverleiben und andere Stoffe, wie z. B. Zucker, viel zu teuer für diesen Zweck zu stehen kommen.

3. Ist ein praktischer Nutzen durch eine besondere Zufuhr von Mineralstoffen zu erwarten? Die Mineralstoffe führen wir, soweit sie in ausreichender Menge im Boden nicht vorhanden sind, durch die Düngung unseren Kulturpflanzen zu; besondere Gaben von Mineralstoffen für die niederen Organismen haben sich, wie Versuche, welche wir in der Versuchswirtschaft Lauchstädt angestellt haben, als zwecklos erwiesen.

4. Kann durch eine besondere Bodenbearbeitung die Stickstoffassimilation der niederen Organismen in nutzbringender Weise gefördert werden? Caron u. a. haben festgestellt, daß die stickstoffassimilierenden Bodenbakterien in günstigster Weise sich entwickeln in einem gebrachten Boden. Aus diesem Grunde ist man auch von gewissen Seiten wieder für die Brache eingetreten. Ist nun durch eine Brachbearbeitung des Bodens ein Gewinn zu erzielen? Um diese Frage zu lösen, sind umfassende Versuche vom Verfasser[1]) in der Versuchswirtschaft Lauchstädt ausgeführt worden. Es sind dort vom Jahre 1902—1909 folgende Brachfruchtfolgen im Vergleich zu zwei Erbsenfruchtfolgen geprüft worden. Dieselben lauten:

I Brache, Erbsen > Raps, Weizen, Roggen, Hafer, Hafer (Caronsche)

II Brache, Erbsen > Weizen, Rüben, Gerste, Hafer.

Bei Brache I ist für den Hafer wegen der Fritfliege einmal Roggen und Wintergerste angebaut worden und bei Brache II wurden, da der Weizen nach Brache öfters auswinterte, vom Jahre 1907 ab Rüben angebaut, nach welchen Gerste, darauf Kartoffeln und dann Weizen folgte. Es sollen die Ergebnisse dieser Versuche an dieser Stelle nur soweit wiedergegeben werden, als sie die Stickstoffentnahmen betreffen.

---

[1]) Schneidewind, Landw. Jahrbücher 1910, Bericht VII der Versuchswirtschaft Lauchstädt 1910.

Die in der Fruchtfolge aufgenommenen Stickstoffmengen.

Es wurden folgende Stickstoffmengen im Durchschnitt aufgenommen:

Brache I.

Brachfruchtfolge	Stickstoff kg	Erbsenfruchtfolge	Stickstoff kg
Brache	—	Erbsen	142,21
Raps	121,13	Raps	111,75
Weizen	102,10	Weizen	103,61
Roggen	68,59	Roggen	68,46
Hafer bezw. Roggen	74,85	Hafer bezw. Roggen	74,78
Hafer bezw. Wintergerste	81,96	Hafer bezw. Wintergerste	80,16
Summa	448,63	Summa	580,97
		Ab Mehr der Stickstoffdüngung für Erbsenfruchtfolge	83,00
			497,97
		Zugunsten der Erbsenfruchtfolge	+49,34

Brache II.

Brachfruchtfolge	Stickstoff kg	Erbsenfruchtfolge	Stickstoff kg
Brache	—	Erbsen	134,32
Weizen	96,98	Weizen	93,47
Zuckerrüben	215,56	Zuckerrüben	195,58
Sommergerste	65,16	Sommergerste	67,81
Kartoffeln	63,01	Kartoffeln	68,47
Summa	440,71	Summa	559,65
		Ab Mehr der Stickstoffdüngung für Erbsenfruchtfolge	55,00
			504,65
		Zugunsten der Erbsenfruchtfolge	+63,94

Wir sehen aus den Zahlen, daß in Brachfruchtfolge I der Raps etwas mehr Stickstoff, in Brachfruchtfolge II die Zuckerrüben etwas mehr Stickstoff dem Boden entnommen hatten, als in den entsprechenden Erbsenfruchtfolgen, daß somit in dem Brachjahr etwas mehr Stickstoff im Boden mobil gemacht war, als in den Erbsenfruchtfolgen. Die späteren Früchte haben in den Erbsenfruchtfolgen genau dieselben Stickstoffmengen aufgenommen als in den entsprechenden Brachfruchtfolgen. In Summa war in den Erbsenfruchtfolgen den Früchten mehr Stickstoff vom Boden geliefert worden als in den Brachfruchtfolgen und zwar ein Mehr von 49,34 bezw. 63,94 kg Stickstoff auf 1 ha.

Die Stickstoffverbindungen.

a) Die salpetersauren Salze.

Die salpetersauren Salze werden direkt von den Pflanzen aufgenommen und verarbeitet, wovon man sich leicht durch die Wasser- oder Sandkultur[1]) überzeugen kann, und stellen diejenige Stickstoffform dar, welche im allgemeinen der Pflanze die größten Mengen von Stickstoff zu liefern vermag. So fand Wagner[2]) im Durchschnitt von 13 Vegetationsversuchen, welche er mit verschiedenen Bodenarten und verschiedenen Früchten anstellte, folgende relative Stickstoffausnutzungen:

		Stickstoffausnutzung des Natronsalpeters = 100 gesetzt
	Natronsalpeter	100
	Schwefelsaures Ammoniak	94
Organische Stickstoffformen	Damaralandguano	91
	Peruguano	87
	Junger grüner Klee	77
	Hornmehl	74
	Blutmehl	73
	Bremer Poudrette	60
	Blankenburger Dünger	51
	Wollstaub	26
	Ledermehl	16

Der Natronsalpeter lieferte also den Pflanzen die größte Menge von Stickstoff, darauf folgte das schwefelsaure Ammoniak und auf dieses die organischen Stickstoffdünger, welche nach dem Grade ihrer Zersetzbarkeit eine außerordentlich verschiedene Stickstoffausnutzung zeigten. Der Verfasser[3]) stellte bei einem mit Hafer ausgeführten Vegetationsversuch folgende relative Mehrerträge und Stickstoffausnutzungen fest:

		Mehrertrag an Körnern, Natronsalpeter = 100	Stickstoffaufnahme, Natronsalpeter = 100
	Natronsalpeter	100	100
	Schwefelsaures Ammoniak	84	78
	Kalkstickstoff	81	73
Organische Stickstoffformen	Fischmehl	73	64
	Fleischmehl	71	59
	Blutmehl	56	48
	Hornmehl	55	48
	Ledermehl	15	13

[1]) S. z. B. Versuche von Hellriegel S. 48.
[2]) Arbeiten der D. L.-G. Heft 80.
[3]) Arbeiten der D. L.-G. Heft 146.

Es hat also auch bei diesen Versuchen der Natronsalpeter den Pflanzen die größten Stickstoffmengen geliefert und auch den höchsten Mehrertrag gebracht. Gleichzeitig zeigen diese beiden Zahlenreihen, daß die relativen Mehrerträge sich für die schwächer wirkenden Stickstofformen günstiger stellen als die relativen Stickstoffausnutzungen, daß also die Erzeugung von organischer Substanz mit der Stickstoffaufnahme aus den verschiedenen Stickstofformen nicht ganz Hand in Hand geht.

Es kamen bei den vorliegenden Versuchen auf 1 g gegebenen und auf 1 g aufgenommenen Stickstoff folgende Erträge an Körnern bezw. Körnern + Stroh:

	Auf 1 g gegebenen Stickstoff		Auf 1 g aufgenommenen Stickstoff	
	Körner	Körner + Stroh	Körner	Körner + Stroh
	g	g	g	g
Natronsalpeter . . .	47,3	95,5	59,2	119,3
Schwefels. Ammoniak .	39,6	77,3	63,2	123,3
Kalkstickstoff	38,3	78,2	65,3	133,3
Org. Stickstofformen . .	25,7	53,8	68,8	143,1

Es hatte demnach eine gleiche Menge von aufgenommenem Ammoniakstickstoff mehr organische Substanz erzeugt als eine gleiche Menge von aufgenommenem Salpeterstickstoff; eine gleiche Menge von aufgenommenem Kalkstickstoff wieder mehr als eine gleiche Menge von aufgenommenem Ammoniakstickstoff und eine gleiche Menge von aufgenommenem organischen Stickstoff wieder mehr als eine gleiche Menge von aufgenommenem Kalkstickstoff. Der Ammoniakstickstoff war demnach haushälterischer von der Pflanze verwertet worden als der Salpeterstickstoff, der Kalkstickstoff haushälterischer als der Ammoniakstickstoff und der organische Stickstoff wieder haushälterischer als der Kalkstickstoff. Je weniger intensiv eine Stickstofform wirkt, desto haushälterischer wird der aufgenommene Stickstoff von der Pflanze verwertet und umgekehrt. Am haushälterischten wird der organische Stickstoff verwertet und am meisten Luxus treibt die Pflanze mit dem schnell aufnehmbaren Salpeterstickstoff. Mit diesen wissenschaftlichen Ergebnissen stehen im Einklang die Ergebnisse der vielen Feldversuche, bei welchen fast regelmäßig der Salpeter den Pflanzen die größten Stickstoffmengen lieferte, nicht aber immer die höchsten Ernten erzeugte. Selbstverständlich gibt es von dieser Regel Ausnahmen.

Die für die Ernährung der Pflanze hauptsächlich in Frage kommenden salpetersauren Salze sind die folgenden: Natronsalpeter NO_3Na, Kalisalpeter NO_3K, Salpetersaures Ammoniak $NO_3(NH_4)$, Kalksalpeter $(NO_3)_2Ca$ und Magnesiasalpeter $(NO_3)_2Mg$. Der Natronsalpeter ist die Stickstofform des Chilesalpeters, der Kalksalpeter wird auf elektrotechnischem Wege aus der Luft gewonnen und stellt die Hauptsalpeterform des Ackerbodens vor, während das salpetersaure Ammoniak bei elektrischen Entladungen (Blitzschlag) durch Oxydation des Luftstickstoffs entsteht und mit den Niederschlägen auf die Erdoberfläche gelangt. Kali- und Magnesiasalpeter haben eine geringere praktische Bedeutung.

Diese verschiedenen salpetersauren Salze zeigen, vorausgesetzt, daß es nicht an sonstigen Nährstoffen der Pflanze fehlt, im großen

und ganzen die gleiche Wirkung. So wurden z. B. bei einem vom Verfasser[1]) mit Sand ausgeführten Vegetationsversuch im Durchschnitt von 6 Gefäßen folgende Erträge gewonnen:

Düngung	Hafer, Sand			
	Körner	Stroh	Körner + Stroh	In d. Ernte Stickstoff
	g	g	g	g
1 g Stickstoff Salpetersaures Natron	30,3	39,6	69,9	0,75
1 g „ Salpetersaures Kali	27,6	41,9	69,5	0,75
1 g „ Salpetersaurer Kalk	29,3	39,3	68,6	0,75
1 g „ Salpetersaure Magnesia	32,3	38,6	70,9	0,77

Es hatten also diese 4 verschiedenen salpetersauren Salze fast genau die gleiche Stickstoffwirkung gezeigt; sowohl die Erträge als auch die aufgenommenen Stickstoffmengen waren in allen Fällen fast die gleichen. Zahlreiche vergleichende Versuche sind ausgeführt mit dem Natron- und Kalksalpeter, welch letzterer jetzt im großen auf elektro-chemischem Wege aus der Luft gewonnen wird. Auch diese Versuche haben gezeigt, daß diese beiden Formen ungefähr als gleichwertig anzusehen sind. So wurden vom Verfasser[1]) im Durchschnitt von 7jährigen mit verschiedenen Pflanzen und verschiedenen Böden ausgeführten Vegetationsversuchen für den Kalksalpeter, Natronsalpeter = 100 gesetzt, folgende relative Zahlen gewonnen:

	Mehrerträge	Stickstoffaufnahme
Natronsalpeter	100	100
Kalksalpeter	100	96,5

Die durch diese beiden salpetersauren Salze erzielten Mehrerträge waren also genau dieselben, während die Stickstoffausnutzung bei dem Kalksalpeter eine etwas geringere, aber sehr wenig geringere, war.

Wissenschaftlich interessant und praktisch wichtig ist, daß bei ausreichendem Kalivorrat der verhältnismäßig billige Natronsalpeter, die Form des Chilesalpeters, unter Umständen mehr leisten kann, als der teure Kalisalpeter, wie aus Versuchen des Verfassers[1]) hervorgeht, welche derselbe mit Zuckerrüben in 3 gemauerten auszementierten Kästen mit 4 qm Oberfläche ausführte:

1. Kalisalpeter 40 g N = 100 kg pro ha:

	Trockensubstanz Wurzeln	Trockensubstanz Blätter	Zucker
	g	g	g
a)	2908	1418	1932
b)	2966	1412	1947
c)	2900	1403	1965
Durchschnitt:	2925	1411	1948

[1]) W. Schneidewind, Über die Aufnahme der Salpetersäure, sowie über die Wirkung verschiedener salpetersaurer Salze. Journal für Landwirtschaft 1898.

2. Natronsalpeter 40 g N = 100 kg pro ha.

	Trockensubstanz Wurzeln	Trockensubstanz Blätter	Zucker
	g	g	g
a)	3283	1284	2206
b)	3166	1334	2113
c)	3395	1341	2251
Durchschnitt:	3281	1320	2190

Der Natronsalpeter war demnach hier dem Kalisalpeter überlegen, denn es wurden im Durchschnitt mit dem Natronsalpeter 3281 g Wurzeltrockensubstanz mit 2190 g Zucker geerntet, während der Kalisalpeter nur 2925 g Wurzeltrockensubstanz mit 1948 g Zucker erzeugte. Diese Differenz betrug pro Hektar 39,4 dz frische Rübenwurzeln und 6,05 dz Zucker.

Was die Eiweißbildung aus dem Salpeter innerhalb der Pflanze betrifft, so ist anzunehmen, daß aus dem Salpeter unter Zutritt von Kohlehydraten nicht direkt Eiweiß entsteht, sondern daß als Zwischenstufe erst Amide entstehen. Hierfür spricht die Tatsache, daß sich in allen salpeterhaltigen Zellen immer größere Mengen von Amiden vorfinden und in jungen Pflanzen, welche schnell große Mengen von Salpeter aufnehmen, die Amide stark angehäuft sind.

b) Die salpetrigsauren Salze.

Die salpetrigsauren Salze (Nitrite) sind als solche Pflanzengifte, werden aber in natürlichen Böden außerordentlich schnell in salpetersaure Salze umgewandelt und wirken dann wie diese. Es zeigen dies z. B. vom Verfasser ausgeführte Vegetationsversuche, bei welchen durch 1 g Stickstoff beim Hafer und 1,5 g Stickstoff bei den Futterrüben folgende Mehrerträge erzeugt wurden:

Hafer. Sandboden.

	Körner	Stroh	In der Ernte Stickstoff
	g	g	g
Kalksalpeter	19,6	16,1	0,73
Kalknitrit	19,3	19,8	0,60

Hafer. Lößlehmboden.

	Körner	Stroh	In der Ernte Stickstoff
	g	g	g
Kalksalpeter	32,6	24,8	0,83
Kalknitrit	33,9	27,1	0,82

Futterrüben. 50 % Lößlehm + 50 % Sand.

	Trockensubstanz Wurzeln	Trockensubstanz Kraut	In der Ernte Stickstoff
	g	g	g
Kalksalpeter	64,9	18,0	1,10
Kalknitrit	57,1	17,6	0,97

Das Kalknitrit hatte demnach bei Hafer die gleichen, bei Futterrüben nahezu die gleichen Mehrerträge gebracht als der Kalksalpeter, den Pflanzen aber in den Sandböden nicht ganz die gleichen Mengen von Stickstoff geliefert.

c) Die Ammoniaksalze.

Bis vor kurzem war man der Ansicht, daß die Ammoniaksalze nicht direkt von der Pflanze aufgenommen werden könnten, sondern daß sie erst in salpetersaure Salze verwandelt werden müßten, um von der Pflanze aufgenommen werden zu können. Diese Ansicht hat sich als eine irrige erwiesen. Den sichersten Beweis dafür, daß die Ammoniaksalze direkt von den Pflanzen aufgenommen werden können, kann man erbringen durch Sterilisationsversuche. Sterilisiert man mit Ammoniaksalzen gedüngte Gefäße, so muß die Pflanze den Stickstoff aus dem Ammoniaksalz aufnehmen, da die Salpeterbildung, welche ja ein bakteriologischer Prozeß ist, in solchen Gefäßen nicht vor sich gehen kann. Solche Sterilisationsversuche sind in ausgedehntem Maße von W. Krüger[1]) ausgeführt worden. Die Sterilisation der mit Boden gefüllten Gefäße wurde bei diesen Versuchen in 6 aufeinanderfolgenden Tagen je 1 Stunde in strömendem Wasserdampf ohne Druck vorgenommen. Die Sterilisation des Saatgutes erfolgte mit 1 ‰ Sublimat, das Begießen mit destilliertem Wasser. Außer den bestellten Gefäßen wurden auch unbestellte, mit Ammoniaksalz gedüngte, Gefäße aufgestellt, um bei diesen zu verfolgen, ob die Sterilisation eine ausreichende gewesen war und eine Infektion mit salpeterbildenden Organismen während der Versuchsdauer nicht eingetreten war. Verwandt wurde für diese Versuche ein Bodengemisch von 50 % Sand und 50 % Lößlehmboden. Es mögen einige Ergebnisse dieser Versuche in folgendem aufgeführt werden:

Bestellte Gefäße.

Senf.

Düngung und Behandlung	Ernte pro Gefäß trocken	In der Ernte Stickstoff
	g	g
Ohne Stickstoffdüngung, nicht steril	7,7	—
„ „ steril	16,4	—
0,5 g Ammoniakstickstoff pro Gefäß, nicht steril	22,4	0,402
0,5 g „ „ „ steril . .	26,2	0,508
0,5 g Salpeterstickstoff pro Gefäß, nicht steril .	23,5	0,511
0,5 g „ „ „ steril . . .	26,9	0,581

[1]) Landwirtschaftliche Jahrbücher und Arbeiten der Agrik.-chem. Versuchsstation Halle a. S. 1906.

Kartoffeln.

Düngung und Behandlung	Ernte pro Gefäß Trockensubstanz Knollen	Kraut	In der Ernte Stickstoff pro Gefäß
	g	g	g
Ohne Stickstoffdüngung, nicht steril . . .	29,8	8,3	0,351
„ „ steril	41,6	15,8	0,577
2,0 g Ammoniakstickstoff pro Gefäß, nicht steril	84,2	35,8	1,639
2,0 g „ „ „ steril . .	96,9	43,2	1,777
2,0 g Salpeterstickstoff pro Gefäß, nicht steril	74,7	34,9	1,881
2,0 g „ „ „ steril . .	82,5	39,2	2,008

Futterrüben.

Düngung und Behandlung	Ernte pro Gefäß Trockensubstanz Rüben	Kraut	In der Ernte Stickstoff pro Gefäß
	g	g	g
Ohne Stickstoffdüngung, nicht steril . . .	7,6	5,3	0,150
„ „ steril	10,8	8,4	0,262
2,0 g Ammoniakstickstoff pro Gefäß, nicht steril	50,7	24,5	1,492
2,0 g „ „ „ steril . .	40,6	25,5	1,416
2,0 g Salpeterstickstoff pro Gefäß, nicht steril	68,2	31,4	1,803
2,0 g „ „ „ steril . .	70,1	34,8	1,806

Daß die Sterilisation eine erfolgreiche gewesen war und die Gefäße während der Vegetationszeit nicht wieder durch salpeterbildende Bakterien infiziert worden waren, zeigte die Untersuchung der unbestellten Gefäße. Die Untersuchung dieser Gefäße geschah in folgender Weise: Von den je 3 Gefäßen des Einzelversuches wurde ein Gefäß (c) für die Gesamtstickstoffbestimmung, 2 Gefäße (a und b) für die Bestimmung des Salpeterstickstoffs verwandt. Die Untersuchung dieser unbestellten Gefäße wurde nach Aberntung der bestellten Gefäße vorgenommen. Es wurden bei den unbestellten Gefäßen vom Verfasser folgende Zahlen ermittelt:

Unbestellte Gefäße.

Düngung und Behandlung	Gesamt-Stickstoff (Gefäß c)	Salpeterstickstoff (Gefäß a u. b)	Mittel
Ohne Stickstoffdüngung, nicht steril .	4,226	0,2292 0,2039	**0,217**
„ „ steril . . .	4,322	0,1711 0,1711	**0,171**
2,0 g Ammoniakstickstoff, nicht steril .	6,328	1,9028 1,9651	**1,934**
2,0 g „ steril . . .	6,318	0,2252 0,2016	**0,213**
2,0 g Salpeterstickstoff, nicht steril .	6,260	2,2614 2,2783	**2,270**
2,0 g „ steril . . .	—	2,0070 1,9690	**1,988**

Es war also gelungen, die Vegetationsgefäße gegen die salpeterbildenden Bakterien steril zu erhalten. Die sterilisierten, mit Ammoniakstickstoff gedüngten Gefäße enthielten nicht mehr Salpeterstickstoff als die ungedüngten, so daß in den mit Ammoniaksalz gedüngten und sterilisierten Gefäßen die Pflanzen das Ammoniaksalz direkt aufgenommen haben müssen. Desgleichen wurden von Krüger Versuche mit Gerste und Hafer ausgeführt, aus denen hervorging, daß auch diese Pflanzen den Ammoniakstickstoff direkt aufzunehmen vermögen.

Adolf Mayer[1]) führt als Beweis dafür, daß das Ammoniaksalz direkt von der Pflanze aufgenommen werden kann, Versuche an, bei welchen junge Weizenpflanzen durch Bestreichen mit Lösungen von kohlensaurem Ammoniak ernährt wurden. Das Ergebnis dieses Versuches war das folgende:

	Trockensubstanz, g	darin Stickstoff g
Die ursprünglichen Samen	0,043	0,0011
Eine Pflanze ohne Bepinselung mit Ammoniak	0,104	0,0020
Eine Pflanze mit Ammoniak bestrichen . . .	0,324	0,0130

Man sieht auch aus diesen Versuchen, daß das Ammoniaksalz, welches hier durch die oberirdischen Organe aufgenommen war, direkt von der Pflanze verwertet werden kann.

Auch mit Ammoniaksalz ausgeführte Wasserkulturen, bei welchen eine Salpeterbildung nicht vor sich gehen kann, beweist die direkte Aufnahme des Ammoniakstickstoffs seitens der Pflanze.

So steht es denn wohl fest, daß sämtliche Pflanzen den Ammoniakstickstoff direkt aufnehmen können.

Die für die Ernährung der Pflanze hauptsächlich in Frage kommenden Ammoniaksalze sind die folgenden:

Schwefelsaures Ammoniak $SO_4(NH_4)_2$, salpetersaures Ammoniak $NO_3(NH_4)$, Chlorammonium $Cl(NH_4)$, phosphorsaures Ammoniak $PO_4(NH_4)_3$ und kohlensaures Ammoniak $CO_3(NH_4)_2$.

Das schwefelsaure Ammoniak ist die Form, in welcher das Ammoniak vorzugsweise in den Handel kommt und seitens der Praxis angewendet wird. Das salpetersaure Ammoniak entsteht bei elektrischen Entladungen (Blitzschlag) durch Oxydation des Luftstickstoffs und gelangt dann mit den Niederschlägen auf die Erdoberfläche, während das kohlensaure Ammoniak als Umsetzungsprodukt des Harnstoffs in großen Mengen im Stalldünger vorhanden ist. Das Chlorammonium und das phosphorsaure Ammoniak haben keine praktische Bedeutung. Mit Ausnahme des kohlensauren Ammoniaks, das wegen seiner alkalischen Eigenschaft direkt von der Pflanze nicht vertragen wird, zeigen die aufgeführten Ammoniaksalze ungefähr die gleiche Wirkung. So wurden z. B. vom Verfasser bei mit Hafer, Kartoffeln und Futterrüben ausgeführten Vegetationsversuchen

[1]) Adolf Mayer, Agrikulturchemie.

für das schwefelsaure und salpetersaure Ammoniak folgende relative Wirkungszahlen im Durchschnitt gewonnen:

	Mehrerträge Natronsalpeter = 100	Stickstoffaufnahme Natronsalpeter = 100
Natronsalpeter	100	100
Schwefelsaures Ammoniak . .	89,9	88,0
Salpetersaures Ammoniak . .	89,6	87,5

Es hatten also die beiden Ammoniaksalze die gleiche Wirkung gezeigt.

Bezüglich des kohlensauren Ammoniaks sei noch bemerkt, daß dasselbe in den Naturböden sich sehr schnell umsetzt und dann eine günstige Wirkung zeigt; vor seiner Umsetzung durch Verdunsten aber leicht größere Verluste erleidet.

Die Ammoniaksalze liefern im Durchschnitt den Pflanzen während einer Vegetationsperiode nicht ganz soviel Stickstoff und erzeugen im Durchschnitt auch nicht ganz soviel Pflanzensubstanz als der Salpeter. Setzt man die durch den Salpeter erzeugten Mehrerträge und die aus ihm aufgenommenen Stickstoffmengen = 100, so war bei 7jährigen Vegetationsversuchen, welche der Verfasser[1]) mit seinen Mitarbeitern anstellte, die durchschnittliche relative Wirkung des schwefelsauren Ammoniaks = 93, die relative Stickstoffausnutzung = 90. Wagner[2]) stellte bei 13 Versuchsreihen als durchschnittliche relative Stickstoffausnutzung 94 für das schwefelsaure Ammoniak fest.

Sowohl die salpetersauren Salze als auch die Ammoniaksalze sind löslich und können, wie bewiesen, direkt von den Pflanzen aufgenommen werden. Wie kommt es, daß das Ammoniaksalz den Pflanzen etwas weniger Stickstoff liefert, als der Salpeter? Hierfür können verschiedene Gründe vorliegen:

a) Es kann eine Verflüchtigung des Ammoniaks eintreten, hervorgerufen durch den kohlensauren Kalk des Bodens. Je mehr Kalk ein Boden enthält, desto größer sind, wie Wagner zuerst nachwies, die Ammoniakverluste dieser Art, besonders wenn das Ammoniaksalz nicht sofort und ordentlich in den Boden gebracht wird. Dies kann uns eigentlich nicht wundern, wissen wir doch schon längst, daß wir das Ammoniaksalz nicht mit Kalk, Mergel oder Thomasmehl ausstreuen dürfen, weil durch Kalk oder kalkhaltige Düngemittel freies Ammoniak aus dem Ammoniaksalz herausgetrieben wird. Bei gleichem Kalkgehalt sind die Verluste auf den Sandböden größer als auf den humus- und feinerdereichen besseren Böden. Im allgemeinen sind aber die meisten Sandböden bekanntlich ärmer an dem die Ammoniakverluste hervorrufenden Kalk.

Von Wagner[2]) wurden Versuche in der Weise ausgeführt, daß mit schwefelsaurem Ammoniak gedüngte Erde in flachen Schalen in einer Höhe von 4,5 cm im Freien der Luft ausgesetzt wurde, worauf nach 5 Tagen die Verluste ermittelt wurden.

---

[1]) Arbeiten der D. L.-G. Heft 217, 1912.

[2]) Arbeiten der D. L.-G. Heft 80, 1903.

Es betrug bei einem Lehmboden mit 0,83 % kohlensaurem Kalk der Stickstoffverlust:

1. Boden ohne Mergelzusatz, Ammoniaksalz mit Boden vermischt 23,0 %
2. Boden ohne Mergelzusatz, Ammoniaksalz obenauf gestreut . . 23,6 „
3. Boden mit Mergelzusatz, Ammoniaksalz mit Boden vermischt 25,8 „
4. Boden mit Mergelzusatz, Ammoniaksalz obenauf gestreut . . 27,2 „

In Halle wurden von D. Meyer und F. Münter[1]) nach dieser Richtung verschiedene Böden untersucht, wobei gleichzeitig auch der Kalkstickstoff geprüft wurde. Es wurde hier so verfahren, daß ein von Ammoniak befreiter Luftstrom über die verschiedenen Böden geleitet wurde. Der Luftstrom passierte danach eine Flasche mit titrierter Schwefelsäure, in welcher das entweichende Ammoniak bestimmt wurde. Die Dauer der Versuche betrug 6 Tage. Das schwefelsaure Ammoniak und der Kalkstickstoff wurden zunächst auf eine flache Bodenschicht von 4 cm Höhe obenauf gestreut und dann auch bei einzelnen Versuchen, um das Eineggen nachzuahmen, mit dieser flachen Bodenschicht gemischt.

Das Ergebnis dieser Versuche war folgendes:

	Stickstoff-Verlust
1. Sandboden: 3,9 % abschlämmbare Teile. 0,04 „ kohlensaurer Kalk.	
Boden mit Kalkstickstoff	= 0,0 %
„ „ schwefelsaurem Ammoniak	= Spuren
2. Humoser Lehmboden: 26,8 % abschlämmbare Teile. 0,46 „ kohlensaurer Kalk.	
Boden mit Kalkstickstoff, trockene Luft durchgeleitet	= 3,2 %
„ „ „ feuchte „ „	= 4,2 „
„ „ schwefelsaurem Ammoniak, trockene Luft durchgeleitet . .	= 12,1 „
„ „ „ „ feuchte „ „ . .	= 12,7 „
3. Kalkreicher Tonboden: 54,9 % abschlämmbare Teile. 18,75 „ kohlensaurer Kalk.	
Boden mit Kalkstickstoff, trockene Luft durchgeleitet	= 1,7
„ „ „ feuchte „ „	= 2,3 „
„ „ schwefelsaurem Ammoniak, trockene Luft durchgeleitet . .	= 6,9 „
„ „ „ „ feuchte „ „ . .	= 5,3 „
„ „ „ „ gemischt mit Boden, feuchte Luft durchgeleitet	= 1,4 „
4. Kalkarmer Tonboden: 60,1 % abschlämmbare Teile. 0,13 „ kohlensaurer Kalk.	
Boden mit Kalkstickstoff, trockene Luft durchgeleitet	= 1,4 „
„ „ „ feuchte „ „	= 1,8 „
„ „ schwefelsaurem Ammoniak, trockene Luft durchgeleitet . .	= 1,2 „
„ „ „ „ feuchte „ „ . .	= 1,2 „

[1]) Arbeiten der D. L.-G. Heft 146, 1908.

Aus diesen Untersuchungen geht folgendes hervor:

1. Auf kalkarmen Sandböden erleidet das schwefelsaure Ammoniak durch Verdunsten von Ammoniak keine Verluste.

2. Auch auf sehr kalkreichen Tonböden mit hohen Mengen von abschlämmbaren Teilen sind die Verluste nicht groß, besonders dann nicht, wenn das schwefelsaure Ammoniak mit dem Boden gemischt wird.

3. Am größten sind die Verluste auf kalkreicheren Böden mit geringeren Mengen von abschlämmbaren Teilen.

Der Kalkstickstoff erlitt bei obigen Versuchen geringere Verluste als das Ammoniaksalz, während bei Versuchen von Wagner das Umgekehrte der Fall war. Es ist dies jedenfalls auf die verschiedene Art der Versuchsanstellung, speziell Zeitdauer, zurückzuführen.

Sehr herabgemindert werden die Verluste dadurch, daß nicht reines schwefelsaures Ammoniak verwendet wird, sondern ein Gemisch mit Superphosphat, als Ammoniaksuper, da das saure Superphosphat das Ammoniak zum großen Teil bindet und dadurch vor Verlusten schützt.

Im Anschluß an die obigen Laboratoriumsversuche wurden von dem Verfasser[1]) und seinen Mitarbeitern 2jährige Vegetationsversuche über diese Frage ausgeführt. Es wurde einerseits für diese Versuche gewählt ein kalkarmer Sandboden mit 0,04 % kohlensaurem Kalk, andererseits ein kalkreicher Lößlehmboden mit 16,73 % kohlensaurem Kalk. Ammoniaksalz und Kalkstickstoff wurden einmal sofort mit dem Boden gemischt, dann 8 Tage auf der Oberfläche des Bodens bei öfterem leichten Anfeuchten liegen gelassen und darauf mit dem Boden gemischt. Zum Vergleich diente Salpeter. Die Bestellung der Gefäße erfolgte später selbstverständlich an ein und demselben Tage. Als Versuchspflanze diente Hafer. Die erzielten Mehrernten waren die folgenden:

Mehrernten pro Gefäß:

Durch 0,3 g Stickstoff	Körner g	Stroh g	Summa Stickstoff g
Kalkarmer Sandboden.			
Natronsalpeter, sofort mit dem Boden gemischt . . .	12,2	14,0	0,203
„ 8 Tage an der Oberfläche liegen gelassen	12,5	15,2	0,204
Schwefels. Ammoniak, sofort mit dem Boden gemischt .	12,7	15,3	0,197
„ „ 8 Tage an der Oberfläche liegen gelassen	11,8	15,1	0,190
Kalkstickstoff, sofort mit dem Boden gemischt	—	—	—
„ 8 Tage an der Oberfläche liegen gelassen	11,1	14,1	0,184

[1]) Arbeiten der D. L.-G. Heft 217, 1912.

Durch 0,3 g Stickstoff	Körner g	Stroh g	Summa Stickstoff g
Kalkreicher Lößlehmboden.			
Natronsalpeter, sofort mit dem Boden gemischt . . .	14,7	16,0	0,245
„ 8 Tage an der Oberfläche liegen gelassen	15,4	16,4	0,240
Schwefels. Ammoniak, sofort mit dem Boden gemischt .	13,3	15,6	0,212
„ „ 8 Tage an der Oberfläche liegen gelassen	6,5	8,1	0,102
Kalkstickstoff, sofort mit dem Boden gemischt	12,7	14,2	0,175
„ 8 Tage an der Oberfläche liegen gelassen	11,9	14,1	0,166

Hiernach waren auf dem kalkarmen Sandboden bei der Oberflächendüngung bei keinem der Düngemittel nennenswerte Mindererträge gegenüber der anderen Anwendung zu verzeichnen. Auf dem kalkreichen Lößlehmboden hatte der Salpeter bei der Oberflächendüngung die gleiche Mehrernte gebracht, als da, wo er sofort mit dem Boden gemischt worden war und auch beim Kalkstickstoff bestanden keine großen Unterschiede bei der verschiedenen Art der Anwendung. Dagegen hat das schwefelsaure Ammoniak ganz erhebliche Mindererträge bei der Oberflächendüngung gebracht. Daß diese Mindererträge auf eine Ammoniakverdunstung zurückzuführen sind, zeigen die aus der Düngung weniger aufgenommenen Stickstoffmengen.

Es betrugen die Mehrernten und Stickstoffaufnahmen:

Ammoniaksalz mit Boden gemischt +13,3 g Körner +15,6 g Stroh +0,212 g N
„ Oberflächendüngung + 6,5 g „ + 8,1 g „ +0,102 g N

Diese Ergebnisse stehen gut im Einklang mit obigen Laboratoriumsversuchen.

b) Es kann der Ammoniakstickstoff im Boden in höherem Maße als der Salpeterstickstoff festgelegt, d. h. in eine für die Pflanze zunächst nicht aufnehmbare Form übergeführt werden. Um den Ammoniak- und Salpeterstickstoff nach dieser Richtung hin zu studieren, sind im Jahre 1900 Versuche von Krüger und dem Verfasser[1]) in der Weise angestellt worden, daß Böden einerseits mit Salpeter, andererseits mit Ammoniak gedüngt wurden, worauf dann nach 6 Monaten die Menge des Gesamtstickstoffs und die des löslichen Stickstoffs (Salpeter- und Ammoniakstickstoff) im Boden bestimmt wurden. Diese Versuche, welche in Gefäßen mit 6000 g Boden ausgeführt wurden, führten zu folgendem Ergebnis:

[1]) Landw. Jahrbücher 1901, Illustr. landw. Zeitung 1903, Nr. 38.

Es enthielt nach 6 Monaten:

1. Lehmboden (übliche Lagerung).

Düngung	Gesamtstickstoff	Löslicher Stickstoff	Löslicher Stickstoff mehr gegen ungedüngt
	g	g	g
Boden ohne Stickstoffdüngung . .	10,342	1,121	—
„ + 2 g Salpeterstickstoff . .	12,188	3,250	+ 2,129
„ + 2 g Ammoniakstickstoff .	12,227	2,822	+ 1,701

2. Lehmboden (wiederholt aufgelockert).

Boden ohne Stickstoffdüngung . .	10,242	1,281	—
„ + 2 g Salpeterstickstoff . .	12,209	3,329	+ 2,048
„ + 2 g Ammoniakstickstoff .	12,244	2,720	+ 1,439

3. Sandiger Lehmboden (übliche Lagerung).

Boden ohne Stickstoffdüngung . .	4,226	0,217	—
„ + 2 g Salpeterstickstoff . .	6,260	2,270	+ 2,053
„ + 2 g Ammoniakstickstoff .	6,328	1,947	+ 1,730

Der zugesetzte Salpeterstickstoff war also voll und ganz in allen drei Fällen erhalten worden; statt 2,0 g wurden wiedergefunden: 2,129, 2,048 und 2,053. Von dem zugesetzten Ammoniakstickstoff wurden in wasserlöslicher Form, und zwar in Form von Salpeter (lösliches Ammoniak war nicht vorhanden), nur wiedergefunden: 1,701, 1,439 und 1,730. Es hatten sich somit der Salpeterbildung entzogen:

1. 2 — 1,701 = 0,299 g = 15,0 % der Düngung
2. 2 — 1,439 = 0,561 g = 28,1 % „ „
3. 2 — 1,730 = 0,270 g = 13,5 % „ „

Diese Versuche beweisen also, daß größere Mengen von Ammoniakstickstoff im Boden eine schwerer lösliche Form annehmen, während dies beim Salpeterstickstoff unter gleichen Verhältnissen (ohne frische organische Substanz) nicht der Fall ist. Die Festlegung des Ammoniakstickstoffs kann erfolgen a) durch Absorption seitens gewisser Bodensilikate, b) durch niedere Organismen, für welche, wie Krüger und Verfasser bewiesen, das Ammoniak eine bessere Nährstoffquelle darstellt, als der Salpeter.

Pfeiffer[1]) mißt auf Grund seiner Versuche der Absorption die Hauptbedeutung bei. Er verfuhr in der Weise, daß er einerseits Vegetationsversuche in einem möglichst reinem Sande, andererseits die Versuche mit demselben Sande unter Zusatz von steigenden Gaben von Kalziumzeolith ausführte. Beide Reihen von Vegetationsversuchen erhielten steigende Gaben von schwefelsaurem Ammoniak. Die Zeolithgaben wurden pro Gefäß zu 100, 200 und 300 g

[1]) Th. Pfeiffer, Die Festlegung des Ammoniakstickstoffs durch die Zeolithe im Boden. Mitteilungen der Landw. Institute der Universität Breslau, III. Bd. Berlin 1905.

Kalziumzeolith, die Ammoniakgaben zu 0,1558, 0,2595 und 0,3631 g Ammoniakstickstoff bemessen. Als Versuchspflanze diente Gerste.

Wie aus den analytischen Ergebnissen zu ersehen ist, lieferte der mit Zeolithen versetzte Sand den Pflanzen weniger Stickstoff als der reine Sand, was nur auf die festlegende Wirkung der Zeolithe zurückgeführt werden konnte. Diese kommt in der Differenz der entsprechenden Zeolith- und Sandgefäße wie folgt zum Ausdruck:

	Zeolithgefäße minus Sandgefäße	
	Stickstoff g	% des Düngerstickstoffs
100 g Zeolith	0,0286	18,4
200 g „	0,0610	23,5
300 g „	0,1083	29,8

Je höher die Zeolithgabe, desto mehr Stickstoff war festgelegt, desto weniger den Pflanzen geliefert worden.

Hissink[1]) stellte vergleichende Vegetationsversuche an mit Ammoniumsulfat und Ammoniumzeolith (Ammoniumpermutit), hergestellt aus Natriumpermutit von Gans. Die Versuche wurden einerseits mit einem Sandboden von 9,8 % Wasserkapazität, andererseits mit einem Sandboden von 12,2 % Wasserkapazität, ausgeführt, welch letzterer seiner entsprechenden höheren wasserfassenden Kraft auch eine höhere Wassermenge während der Vegetation erhielt. Als Versuchspflanze diente Hafer. Es betrug die prozentische Stickstoffausnutzung durch den Hafer:

1. Sandboden, 9,8 % Wasserkapazität.

Düngung	Prozentische Stickstoffausnutzung
0,6 g N (Ammoniumpermutit)	62
0,8 g N „	52
1,0 g N „	47
Durchschnitt	54
0,6 g N (Ammoniumsulfat)	65
0,8 g N „	63
1,0 g N „	56
Durchschnitt	61

2. Sandboden, 12,2 % Wasserkapazität.

0,8 g N (Ammoniumpermutit)	73
1,0 g N „	72
1,2 g N „	69
Durchschnitt	71
0,8 g N (Ammoniumsulfat)	76
1,0 g N „	70
1,2 g N „	66
Durchschnitt	71

[1]) Hissink, Die Festlegung des Ammoniakstickstoffs durch Permutit und Tonboden und die Zugänglichkeit des Permutitstickstoffs für die Pflanze. Die landw. Versuchsst. 1913.

Es hatten demnach bei der besseren Wasserversorgung, die der Sand mit der höheren Wasserkapazität erfuhr, Ammoniumsulfat und Ammoniumpermutit die gleiche Wirkung gezeigt; beim Ammoniumsulfat betrug die prozentische Ausnutzung in diesem Falle 71, bei dem Ammoniumpermutit ebenfalls 71. Dagegen hatte bei der geringeren Wasserversorgung, welche der Sand mit geringerer Wasserkapazität erfuhr, das Ammoniumpermutit schlechter gewirkt; hier betrug die prozentische Ausnutzung des Ammoniumsulfats 61, die des Ammoniumpermutits nur 54. Daß im allgemeinen die Stickstoffausnutzung bei der geringeren Wasserzufuhr eine schlechtere war, ist erklärlich. Hissink schließt aus seinen Versuchen, daß das Ammoniak bei Mangel an Feuchtigkeit von schweren Böden, speziell vom Tonboden, so fest absorbiert wird, daß ein Teil desselben, sei es auch ein kleiner Teil, über die Dauer einer Vegetationsperiode hinaus für die Pflanzenwurzeln unzugänglich bleibt.

Hiermit stehen gut im Einklang die Untersuchungen, welche neuerdings der Verfasser seinen Schüler Robson[1]) über das Schicksal des Ammoniakstickstoffs ausführen ließ. Die Versuche wurden ausgeführt mit einem Sandboden, einem humosen Lößlehmboden und einem Tonboden, bei verschiedenem Wassergehalt. Als niedrigere Wassergabe wurde für den Sandboden 6 %, für die schwereren Böden 8 %, als höhere für den Sandboden 12 %, für den Lehmboden 16 % und für den Tonboden 18 % gewählt. Es enthielten an abschlämmbaren Bestandteilen nach der Methode des Verbandes Deutscher Landwirtschaftlicher Versuchsstationen:

Sandboden	5,2 %	abschlämmbare Bestandteile
Humoser Lehmboden .	23,0 %	„ „
Tonboden	51,6 %	„ „

Von den zahlreichen Untersuchungsergebnissen mögen die folgenden herausgegriffen werden:

Niedriger Wassergehalt.

Zeit	Böden	Wassergehalt	Vom zugesetzten Ammoniumsulfat waren vorhanden als: Ges.-Ammon-N	Wasserlöslicher Ammon-N	Salpeter-N	Wiedergefunden an Ges.-N
		%	%	%	%	rund %
Nach 6 Wochen	Sandboden	6	68,25	41,17	24,91	100
	Lehmboden	8	79,71	20,48	5,38	100
	Tonboden	8	72,57	12,93	2,01	100
Nach 12 Wochen	Sandboden	6	50,47	30,31	40,55	100
	Lehmboden	8	63,12	14,28	22,03	100
	Tonboden	8	60,06	8,48	9,78	100

[1]) Über den Einfluß der Böden und des Wassergehaltes auf die Stickstoffumsetzungen. Inaugural-Dissertation. Halle, Buchdruckerei John, 1913.

Höherer Wassergehalt.

Zeit	Böden	Wasser-gehalt	Vom zugesetzten Ammoniumsulfat waren vorhanden als			Wieder-gefunden an Ges.-N
			Ges.-Ammon-N	Wasserlöslicher Ammon-N	Salpeter-N	
		%	%	%	%	rund %
Nach 6 Wochen	Sandboden	12	28,51	19,23	**60,07**	100
	Lehmboden	16	6,67	0,0	**78,73**	100
	Tonboden	18	5,48	0,0	**78,17**	100
Nach 12 Wochen	Sandboden	12	4,31	0,0	**56,42**	100
	Lehmboden	16	1,33	0,0	**73,64**	92
	Tonboden	18	0,00	0,0	**69,03**	100

Wir sehen aus diesen Zahlen, daß bei dem niedrigen Wassergehalt die Salpeterbildung im Sandboden erheblich stärker vor sich gegangen war, als in den schwereren Bodenarten, besonders als in dem Tonboden. Es waren nach 6 Wochen vom zugesetzten Ammoniakstickstoff im Sandboden **24,91**, in dem Lehmboden nur **5,38**, in dem Tonboden nur **2,01** % in Salpeter umgesetzt worden, während nach 12 Wochen in dem Sandboden **40,55**, im Lehmboden **22,03** und im Tonboden nur **9,78** % in Salpeter umgewandelt worden waren. Daß die Nitrifikation bei dem niedrigen Wassergehalt in den schwereren Böden erheblich schwächer war als im Sandboden, hat seinen Grund a) in der stärkeren Absorption des Ammoniaks, b) darin, daß die salpeterbildenden Organismen in den schwereren Böden, welche das Wasser stärker festhalten, mehr an Wassermangel leiden. Ein schwerer Boden mit 8 % Wasser ist in biologischer Beziehung schlechter gestellt als ein Sandboden mit 6 % Wasser. Anders lag die Sache bei dem höheren Wassergehalt. Hier war die Nitrifikation in den schwereren Böden nennenswert stärker, als in dem Sandboden. Es waren hier vom zugesetzten Ammoniakstickstoff nach 6 Wochen im Sandboden **60,07**, im Lehmboden **78,73** und im Tonboden **78,17** % in Salpeter verwandelt, während nach 12 Wochen im Sandboden vom zugesetzten Ammoniakstickstoff **56,42**, im Lehmboden **73,64** und im Tonboden **69,03** % in Salpeter umgewandelt worden waren.

Gleichzeitig scheint aber aus diesen Versuchen hervorzugehen, daß auch ein nennenswerter Teil des Ammoniakstickstoffs von niederen Organismen festgelegt, in Eiweiß verwandelt wird, da mit Ausnahme eines Falles Verluste an elementarem Stickstoff nicht stattgefunden haben und der wiedergefundene Ammoniak- und Salpeterstickstoff den im Boden zugesetzten Stickstoff längst nicht erreichen, speziell nicht bei dem Sandboden, der nennenswerte Mengen von Ammoniak nicht zu absorbieren vermochte. Das Fehlen der bei der direkten Destillation der Erde mit Magnesia nicht ermittelten Ammoniakmengen würde nur dann auf eine chemische

Absorption zurückgeführt werden können, wenn die als Ammoniak nicht wiedergefundenen Stickstoffmengen bei den schweren Böden höher gewesen wären als im Sandboden. Dies ist aber durchaus nicht der Fall gewesen, es fehlte bei dem Sandboden nach 12 Wochen an nicht ermitteltem Ammoniak- und Salpeterstickstoff mehr als bei den schweren Böden.

Aus obigen Untersuchungen und indirekt aus denen von Hissink geht hervor, daß die Nitrifikation des Ammoniaks hauptsächlich in trockenen Tonböden beeinträchtigt wird.

Daß bei ausreichendem Wasservorrat die geringere Ausnutzung des Ammoniakstickstoffs gegenüber der des Salpeterstickstoffs nicht oder weniger auf die chemische Absorption des Ammoniaks durch die Zeolithe zurückzuführen sein dürfte, geht aus anderweitigen Versuchen hervor, welche der Verfasser[1]) mit seinen Mitarbeitern D. Meyer und F. Münter anstellte. Bei diesen Versuchen wurde

1. die Wirkung des Ammoniakstickstoffs im Vergleich zum Salpeterstickstoff festgestellt:

a) auf einem zeolithreichen Tonboden mit 51,6 % abschlämmbaren Teilen,
b) auf einem humosen Lößlehmboden mit 22 % abschlämmbaren Teilen,
c) auf einem Gemisch desselben Lößlehmbodens mit 50 % reinem Sand, demnach mit einem Boden mit 11 % abschlämmbaren Teilen.

Wird die Aufnahme des Ammoniakstickstoffs durch die wasserhaltigen Silikate des Bodens beeinträchtigt, so muß die Wirkung des Ammoniakstickstoffs auf dem silikatreichen Tonboden im Vergleich zum Salpeterstickstoff schlechter sein, als auf einem silikatarmen Sandboden. Diese Versuche wurden in der für die Vegetationsversuche üblichen Weise ausgeführt, da man ja in dieser Weise die schlechtere Wirkung des Ammoniakstickstoffs festgestellt hat.

2. Wurde der Einfluß künstlicher Zeolithe festgestellt, welche einem Sandboden zugesetzt wurden. Als Zeolith wurde verwandt ein Kalziumzeolith, welches von der Firma J. D. Riedel-Berlin nach dem Verfahren von Gans hergestellt wird. Der verwandte Zeolith erwies sich nicht völlig ammoniakfrei; er enthielt 0,0058 % Ammoniakstickstoff, welcher bei den Versuchen berücksichtigt wurde.

Es betrug nun im Durchschnitt 2jähriger Versuche die relative Ausnutzung des Ammoniakstickstoffs, wenn die Ausnutzung des Salpeterstickstoffs = 100 gesetzt wird:

Tonboden	94,5
Lößlehmboden	91,4
½ Lößlehmboden ½ Sand }	92,2

Bei den Versuchen, welche speziell mit Zeolith ausgeführt wurden, betrugen die durch Ammoniaksalz erzielten Mehrernten:

---

[1]) Weitere Versuche über die Wirkung verschiedener Stickstofformen: Arbeiten der D. L.-G. Heft 217, 1912.

	Mehrerträge durch 0,8 g N pro Gefäß.	
	Ernte, Trockensubstanz (obere Teile und Wurzeln)	Stickstoff
	g	g
Sandboden ohne Zusatz . . .	+ 64,5	+ 0,687
„ + 750 g Zeolith .	+ 68,6	+ 0,723

Die zugesetzten Zeolithe hatten also nicht nachteilig auf die Ammoniakausnutzung eingewirkt, sondern eher vorteilhaft.

Aus diesen Versuchen geht hervor, daß auf normalen Böden mit genügendem Feuchtigkeitsgehalt, an dem es bei den vorliegenden Versuchen nicht fehlte, die Ammoniakausnutzung durch die Zeolithe nicht ungünstig beeinflußt wird. Die Salpeterbildung wird unter diesen Verhältnissen analog den oben aufgeführten Versuchen in günstiger Weise verlaufen sein. Daß bei den Pfeifferschen Versuchen die Zeolithe einen merklich schädlichen Einfluß auf die Ausnutzung des Ammoniakstickstoffs ausübten, lag vielleicht daran, daß die Salpeterbildung in dem benutzten Sand, wenn auch ein Bodenaufguß stattfand, nicht so gut verlief, als sie in einem Naturboden für gewöhnlich verläuft.

Zu dem Ergebnis, daß unter günstigen, natürlichen Verhältnissen die Festlegung des Ammoniakstickstoffs durch die Zeolithe keinen schädlichen Einfluß auf die Ernte und Stickstoffausnutzung ausübt, kommt auch G. Wiegner[1]), welcher bei seinen Versuchen eher eine günstige als ungünstige Einwirkung der Kalkzeolithe feststellte.

Aus allen Versuchen, welche über das Schicksal des Ammoniakstickstoffs angestellt wurden, dürfte hervorgehen, daß die schlechtere Ausnutzung des Ammoniakstickstoffs gegenüber der des Salpeterstickstoffs zurückgeführt werden kann:

1. Auf eine Ammoniakverdunstung, hervorgerufen durch den Kalk des Bodens. Diese ist aber nur gering bei allen kalkärmeren Böden und auch gering bei kalkreichen, stark absorbierenden schweren Böden und tritt nur bei Oberflächendüngung ein.[2])
2. Auf eine Absorption des Ammoniaks durch die wasserhaltigen Silikate des Bodens, welche hauptsächlich in schweren, trockenen Böden von Einfluß ist.
3. Auf eine stärkere Umwandlung des Ammoniaks in Eiweiß durch niedere Organismen, für welche das Ammoniaksalz eine bessere Nährstoffquelle darstellt als der Salpeter, wozu noch kommt, daß das Ammoniak im Boden länger verweilt als der Salpeter, welch letzterer von den Pflanzen schneller aufgenommen werden kann.

[1]) Die Festlegung des Stickstoffs durch die sog. Zeolithe. Journ. f. Landw 1913.
[2]) Siehe hierzu auch die Untersuchungen von Lemmermann, Landw. Jahrbücher 1913.

Mit der etwas schlechteren Ausnutzung des Ammoniakstickstoffs geht nicht immer Hand in Hand die Produktion. Vor allem ist hervorzuheben, daß sich unsere verschiedenen Kulturpflanzen gegen die beiden Stickstofformen, die salpetersauren Salze und die Ammoniaksalze, verschieden verhalten. Es gibt Kulturpflanzen, welche den Salpeter bevorzugen und solche, welche das Ammoniaksalz mindestens ebenso lieben als den Salpeter. Zu der ersten Gruppe gehört z. B. die Rübe, speziell die Futterrübe, zu der anderen Gruppe die Kartoffel. Dies geht unzweifelhaft hervor aus den Krügerschen Sterilisationsversuchen[1]), bei welchen Rüben und Kartoffeln die ihnen gebotenen Ammoniaksalze direkt aufnehmen mußten. Es betrugen die Ernten:

Futterrüben.

Düngung	Wurzel-Trockensubstanz g	Kraut-Trockensubstanz g
2,0 g Salpeterstickstoff, Gefäß steril . . .	70,1	34,8
2,0 g Ammoniakstickstoff, „ „ . . .	40,6	25,5

Kartoffeln.

2,0 g Salpeterstickstoff, Gefäß steril . . .	82,5	39,2
2,0 g Ammoniakstickstoff, „ „ . . .	96,9	43,2

(S. hierzu Abb. 6 u. 7.)

Bei diesen Sterilisationsversuchen erwies sich also der Salpeter bei der Rübe dem Ammoniaksalz erheblich überlegen, während bei der Kartoffel das Ammoniaksalz sogar etwas mehr geleistet hatte. Desgleichen fand Krüger[1]), daß von den Halmgewächsen der Hafer das Ammoniaksalz ungefähr ebensogut ausnutzt als den Salpeter. Hiermit stehen auch die vielen Feldversuche, welche nach dieser Richtung hin angestellt wurden, im Einklang. In einzelnen Fällen wollen wir ja auch nicht immer die stickstoffreichsten Produkte, so wie solche im allgemeinen mit dem Salpeter gewonnen werden, gewinnen, sondern stickstoffärmere, stärkemehlreichere Früchte, so z. B. bei der Braugerste, für welche das Ammoniaksalz sich entschieden besser eignet, als der intensiver wirkende Salpeter.

d) Die Amine und Aminosäuren (Amide).

Die Amine und Aminosäuren, kurz auch Amide genannt, sind substituierte Ammoniake mit der Gruppe NH_2, in welcher die Wasserstoffatome dieser Amidgruppe wieder durch andere Gruppen ersetzt sein können. Die für die Pflanzenernährung hauptsächlich in Frage kommenden Stickstoffverbindungen dieser Art sind Harnstoff, Harnsäure, Hippursäure, Betain, Xanthin, Hypoxanthin, Guanin, Leucin, Asparagin, Glutamin, Tyrosin. Harnstoff, Harnsäure und Hippursäure, speziell der erstere, sind bekanntlich die Stickstoffverbindungen des Harns und

[1]) Arbeiten der agr.-chem. Versuchsstation Halle a. S. II; Landw. Jahrbücher 1906.

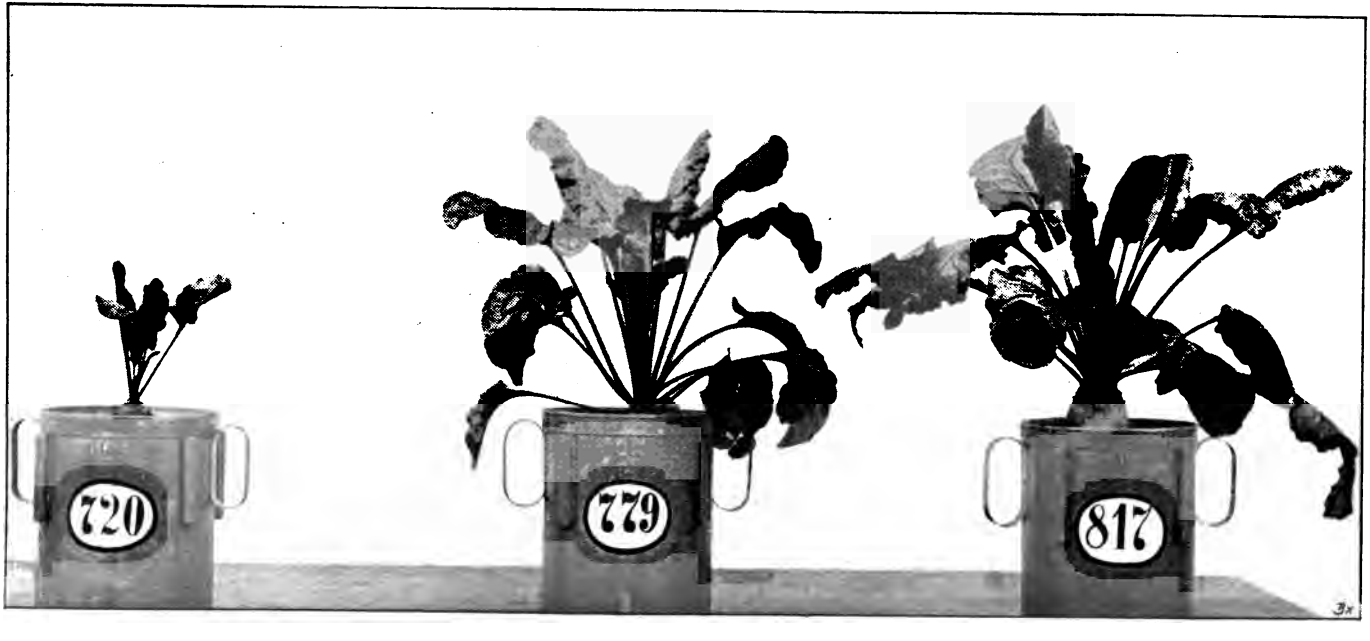


Abb. 6. Steril.

Ohne Stickstoff. 2 g Ammoniak-Stickstoff. 2⅓g Salpeter-Stickstoff.

Abb. 7. Steril.

Ohne Stickstoff. 1 g Ammoniak-Stickstoff. 1 g Salpeter-Stickstoff.

damit des Stalldüngers; die anderen oben aufgeführten Amide befinden sich in den Pflanzen, hauptsächlich in den Keimlingen und jungen Pflanzen, und damit sind sie auch Bestandteile aller Pflanzenrückstände, so wie wir solche dem Boden einverleiben; das Guanin ist außerdem ein Bestandteil des Guanos.

Die Wirkung der verschiedenen Amide ist nicht ganz die gleiche. Die hauptsächlich in Frage kommenden Amide wirken annähernd wie die Ammoniaksalze, so z. B. das wichtigste Amid, der Harnstoff. Setzt man die Wirkung des Salpeters = 100, so betrug nach Vegetationsversuchen, welche der Verfasser mit Hafer, Kartoffeln und Futterrüben anstellte, die durchschnittliche relative Wirkung:

	Mehrertrag Körner, Wurzeln, Knollen	Stickstoffaufnahme
Salpeter	100	100
Schwefelsaures Ammoniak .	89,9	88,0
Salpetersaures „ .	89,6	87,5
Harnstoff	88,6	83,8

Auch bei Vegetationsversuchen, welche der Verfasser mit W. Krüger über die Wirkung des Asparagins anstellte, wirkte dieses annähernd wie das Ammoniaksalz.

Die einfachen im Wasser löslichen Amide können jedenfalls, ebenso wie das Ammoniaksalz, direkt aufgenommen werden, wofür auch verschiedene nach dieser Richtung hin angestellten Versuche sprechen. In der Natur werden sie auf bakteriologischem Wege schnell in Ammoniak und Salpeter umgewandelt, so daß unter natürlichen Verhältnissen die Aufnahme vorzugsweise in Form von Salpeter erfolgt.

e) Die Cyanverbindungen.

Die Cyanverbindungen sind als solche zunächst Pflanzengifte; sie müssen, um von der Pflanze verwertet werden zu können, erst eine Umwandlung erfahren. Diese Umwandlung erfolgt in den natürlichen Böden ganz oder vorzugsweise auf bakteriologischem Wege. Die Schnelligkeit dieser Umwandlung ist von verschiedenen Faktoren abhängig, speziell von der Art des Bodens.

Die augenblicklich für die Pflanzenernährung hauptsächlich in Frage kommende Cyanverbindung ist das Cyanamid, CN_2H_2, dessen Kalksalz, CN_2Ca, nach dem Verfahren von Frank und Caro auf elektrochemischem Wege aus der Luft gewonnen und unter dem Namen „Kalkstickstoff" in den Handel gebracht wird. Der Stickstoff des Cyanamids und seiner Spaltungsprodukte wird mit Ausnahme des Dicyandiamids auf chemischem Wege durch Wasser bei höherer Temperatur und Druck in Harnstoff und dann weiter in kohlensaures Ammoniak verwandelt:

$$\underset{\text{Cyanamid}}{CN_2H_2} + \underset{\text{1 Mol. Wasser}}{H_2O} = \underset{\text{Harnstoff}}{CON_2H_4}$$

$$\underset{\text{Cyanamid}}{CN_2H_2} + \underset{\text{3 Mol. Wasser}}{3\,H_2O} = \underset{\text{Kohlensaures Ammoniak.}}{CO_3(NH_4)_2}$$

Der gleiche Vorgang findet statt in den natürlichen Böden auf bakteriologischem Wege. Dieser bakteriologische Vorgang vollzieht sich schneller und vollständiger in den stärker absorbierenden Böden (Lehm- und Tonböden), als in den schwächer absorbierenden Böden (Sand- und Hochmoorböden). Aus diesem Grunde ist die Wirkung des Kalcium-Cyanamids (Kalkstickstoffs) auf den ersteren Böden eine bessere als auf den letzteren.[1]) Über die Wirkung des Kalkstickstoffs sind zahlreiche Versuche angestellt worden, zuerst von Gerlach und Wagner. Alle haben gefunden, daß die Wirkung des Kalkstickstoffs nicht ganz an die Wirkung des Ammoniakstickstoffs herankommt. Setzt man die Wirkung des Salpeters = 100, so betrug nach 7jährigen Vegetationsversuchen, welche der Verfasser[2]) mit verschiedenen Böden und Früchten anstellte, die durchschnittliche relative Wirkung:

	Mehrertrag Körner, Wurzeln, Knollen	Stickstoffaufnahme
Salpeter	100	100
Ammoniaksalz	92,5	89,5
Kalkstickstoff	86,5	83,0

Hierbei ist zu bemerken, daß die Wirkung des Kalkstickstoffs auf besseren Böden eine bessere, auf Sandböden eine schlechtere war.

f) Die Eiweißstoffe.

Die Eiweißstoffe können nicht direkt von der Pflanze aufgenommen werden; sie müssen erst, um von der Pflanze aufgenommen werden zu können, in Ammoniaksalze bezw. salpetersaure Salze verwandelt werden. Diese Umwandlung erfolgt unter natürlichen Verhältnissen auf bakteriologischem Wege; Luftzufuhr begünstigt sie, vorausgesetzt, daß es nicht an der nötigen Feuchtigkeit fehlt. Aus diesem Grunde verläuft die Umsetzung im allgemeinen in porösen Sandböden schneller als in schweren Böden. Mit dieser Umwandlung der Eiweißstoffe sind Verluste an elementarem Stickstoff verbunden, wie z. B. Versuche zeigen, welche der Verfasser seinen Schüler Robson[3]) ausführen ließ.

Düngung	Wassergehalt der Böden	Stickstoffverluste % Sandboden	Tonboden
Ammoniumsulfat . . .	mittel	0,00	0,00
	hoch	4,16	4,83
Eiweißstoffe (Hornmehl)	mittel	4,37	5,86
	hoch	9,08	32,66

[1]) Näheres hierüber: H. Immendorff und C. Kempski, Kalciumcyanamid (Stickstoffkalk oder Kalkstickstoff) als Düngemittel. Stuttgart, Verlag von Eugen Ulmer, 1907.

[2]) Arbeiten der D. L.-G. Heft 217. Über Feldversuche s. Düngerlehre.

[3]) W. P. Robson, Über den Einfluß der Böden und des Wassergehaltes auf die Stickstoffumsetzungen. Inaugural-Dissertation. Halle a. S., 1913, H. John.

Die Verluste, welche bei der Umwandlung die Eiweißstoffe des Hornmehls erfuhren, waren verhältnismäßig gering in dem Sandboden, größer in dem Tonboden; bei höherem Wassergehalt weit größer als bei niedrigem. In Anbetracht dieser Verluste und in Anbetracht dessen, als die Umwandlung der Eiweißstoffe nur langsam erfolgt, ist die Wirkung der Eiweißstoffe eine schlechtere und langsamere als die der vorher besprochenen Stickstoffverbindungen.

Mit Eiweißstoffen haben wir es zu tun in dem Stalldünger, in der Gründüngung, in den Pflanzenrückständen und in einer Reihe von organischen Handelsdüngern, wie Blutmehl, Hornmehl, Fleischmehl, Fischguano, Peruguano, Knochenmehl. Die Wirkung dieser Formen hängt von dem Grade ihrer Zersetzbarkeit ab. So zeigen die Eiweißstoffe in den leichter sich umsetzenden Guanoarten, dem Fleischmehl, Hornmehl, Blutmehl, der zarten jungen Pflanzensubstanz eine weit bessere Wirkung als in dem sich außerordentlich schwer umsetzenden Ledermehl. (Siehe hierzu Seite 76.)

Zu den Eiweißstoffen im weiteren Sinne kann man auch die noch langsamer wirkenden Humusstoffe rechnen.

Der Einfluß organischer Substanzen auf die Ausnutzung der löslichen Stickstoffverbindungen.

Bringt man frische organische Substanz (nicht steril) zusammen mit einer Salpeterlösung in ein Glasgefäß, so verschwindet der Salpeter. Es verschwand z. B. bei vom Verfasser[1]) angestellten Laboratoriumsversuchen von 0,5 g Salpeter = 0,0817 g Stickstoff:

Bei Zusatz von	Salpeter-Stickstoff g	Salpeter-Stickstoff %
5 g Kuhdünger + 100 ccm Wasser	0,0210	25,7
10 g „ + 100 ccm „	0,0490	59,9
25 g „ + 100 ccm „	0,0817	100,0
5 g Pferdedünger + 100 ccm Wasser . . .	0,0435	53,2
10 g „ + 100 ccm „ . . .	0,0817	100,0
25 g „ + 100 ccm „ . . .	0,0817	100,0

Die geringsten Verluste hatten stattgefunden bei den kleineren Gaben, beim trockensubstanzreicheren Pferdedünger waren sie höher als beim trockensubstanzärmeren Kuhdünger. Mit der Erhöhung der Gaben von organischer Substanz steigerten sich die Verluste, so daß schließlich bei den höchsten Gaben von organischer Substanz sämtlicher Salpeterstickstoff verschwunden war. Untersucht man diesen Vorgang näher, so findet man, daß unter dem Einfluß frischer, nicht steriler, organischer Substanz ein Teil des Salpeters, in solchem Falle der größte Teil, zu freiem Stickstoff reduziert, ein anderer Teil in Eiweiß umgewandelt wird. Die Denitrifikation ist zuerst von Stutzer und Wagner festgestellt worden, die Eiweißbildung vom Verfasser.[2])

[1]) Schneidewind, Journal für Landwirtschaft 1897, Erhaltung des Stickstoffs, sowie die Umsetzungen der verschiedenen Stickstofformen im Stalldünger.

Die Denitrifikation erfolgt unter dem Einfluß einer bestimmten Art von Bakterien, während an der Eiweißbildung sich sämtliche niederen Organismen beteiligen können, soweit sie ihre Lebensbedingungen vorfinden. Fast sämtliche niederen Organismen gebrauchen für ihr Leben lösliche Stickstoffverbindungen, die sie in ihre Körpersubstanz und damit in Eiweiß umwandeln.

Derselbe Vorgang findet statt bei Gegenwart von organischen Substanzen im Boden, wenn auch nicht in dem Maße, wie bei solchen Laboratoriumsversuchen. Bei vom Verfasser[1]) mit Hafer angestellten Vegetationsversuchen wurden z. B. bei höherer Salpetergabe (3 g N pro Gefäß) durch eine Beigabe von 100 g Stroh folgende Zahlen ermittelt:

Salpeterstickstoff in Eiweiß verwandelt . . . . = 15,7 %
„ zu freiem Stickstoff reduziert . . = 4,5 %

Infolge des schädigenden Einflusses frischer organischer Substanzen, durch welche lösliche Stickstoffverbindungen zersetzt bezw. in Eiweiß umgewandelt werden, müssen Ernteerniedrigungen stattfinden, wenn nicht ein Überschuß löslicher Stickstoffverbindungen vorhanden ist. Dies ist auch der Fall, wie zahlreiche nach dieser Richtung hin angestellte Versuche zeigen. So wurden z. B. bei Vegetationsversuchen, welche der Verfasser mit W. Krüger[2]) anstellte, folgende Zahlen ermittelt:

Senf, Boden: 90 % Sand + 10 % humoser Lehm.

Düngung pro Gefäß	Ernte pro Gefäß trocken	Stickstoff	Stickstoff	Durch Kot-Stroh Stickstoff weniger
	g	%	g	g
Ohne N	8,4	1,54	0,129	
„ N + Kot-Stroh[3])	4,5	1,49	0,067	— 0,062
0,5 g N-Salpeter	22,1	2,52	0,557	
0,5 g N-Salpeter + Kot-Stroh .	19,2	2,07	0,397	— 0,160
0,5 g N-schwefelsaures Ammoniak .	24,4	2,04	0,498	
0,5 g N-schwefelsaures Ammoniak + Kot-Stroh	17,0	1,80	0,306	— 0,192
0,5 g N-Asparagin	24,2	1,98	0,479	
0,5 g N-Asparagin + Kot-Stroh .	15,0	1,63	0,245	— 0,234
0,5 g N-Blutmehl	14,5	1,69	0,245	
0,5 g N-Blutmehl + Kot-Stroh .	5,6	1,54	0,086	— 0,159
0,5 g N-Hornmehl	19,5	1,85	0,361	
0,5 g N-Hornmehl + Kot-Stroh .	8,2	1,77	0,145	— 0,216

[1]) Schneidewind, Journal für Landwirtschaft 1897, Erhaltung des Stickstoffs, sowie die Umsetzungen der verschiedenen Stickstofformen im Stalldünger.

[2]) Landw. Jahrbücher 1901.

[3]) 45 g Trockensubstanz.

Sehen wir als Maßstab für die Zer- bezw. Umsetzung der löslichen Stickstoffverbindungen die von den Pflanzen aufgenommenen Stickstoffmengen an und vergleichen diese bei den verschiedenen Düngungen, so sehen wir, daß bei der Salpeterdüngung den Pflanzen durch Kot-Stroh nicht die größten Stickstoffmengen entzogen wurden. Während die niederen Organismen infolge der Kot-Strohdüngung die Stickstoffaufnahme bei der Salpeterdüngung nur um 0,160 g N reduzierten, ging z. B. die Stickstoffaufnahme bei der Asparagingabe infolge der Kot-Strohdüngung um 0,234 g N zurück. Diese Zahlen sprechen dafür, daß wohl hier die Eiweißbildung in den Vordergrund getreten ist. Würde vorzugsweise eine Salpeterzersetzung stattgefunden haben, so hätte ja bei der Salpeterdüngung infolge der Kot-Strohdüngung der meiste Salpeterstickstoff verschwinden müssen, da hier der Stickstoff gleich von vornherein als Salpeter vorhanden war, bei den mit Asparagin gedüngten Gefäßen das letztere aber erst in Salpeter übergeführt werden mußte. Wenn nun auch die Salpeterbildung im Boden im allgemeinen schnell vor sich geht, so erfolgt diese jedoch nicht so schnell, daß nicht vorher die niederen Organismen aus den löslichen Stickstoffverbindungen, aus welchen der Salpeter entsteht, ihre Stickstoffnahrung schöpfen könnten. Asparagin ist bekanntlich für die meisten niederen Organismen eine ausgezeichnete Stickstoffquelle, eine bessere als der Salpeter; daher kommt es nun, daß das Asparagin von den niederen Organismen bei diesem Versuch mehr ausgenutzt, ein größerer Teil von demselben in Eiweiß umgewandelt wurde, als vom Salpeter. Daß dies unter allen Verhältnissen der Fall sein muß, soll damit nicht gesagt sein; jedenfalls sprechen aber die obigen Versuche dafür, daß die Ernteerniedrigung und die verminderte Stickstoffentnahme, welche durch das Kot-Strohgemisch hervorgerufen wurden, weniger auf Verluste von elementarem Stickstoff, als vielmehr auf eine Umwandlung der löslichen Stickstoffverbindungen in Eiweiß zurückzuführen sind.

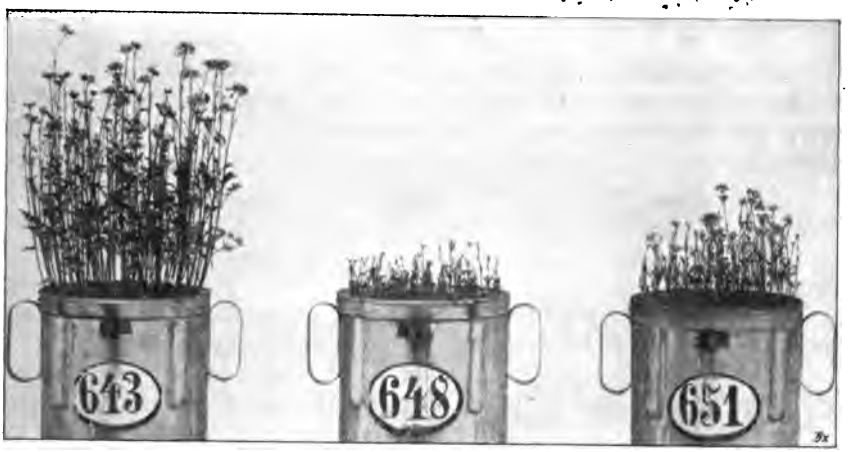
Dieselben Erscheinungen treten auf, wenn man dem Boden isolierte organische Stoffe, wie z. B. Pentosan, Holzfaser zusetzt, wie folgender vom Verfasser mit W. Krüger[1]) ausgeführter Versuch zeigt.

Senf. Boden: 90 % Sand + 10 % humoser Lehm.

Düngung pro Gefäß 0,2 g Salpeter-Stickstoff	Ernte pro Gefäß Trockensubstanz	Stickstoff	Stickstoff	Durch Zusätze Stickstoff weniger
	g	%	g	g
Ohne organische Substanz . . .	11,4	2,02	0,230	—
25 g Pentosan aus Weizenstroh . .	2,0	2,24	0,045	— 0,185
25 g Holzfaser „ „ . .	5,2	1,89	0,098	— 0,132
50 g Stroh	4,7	2,05	0,096	— 0,134
50 g Torf	11,2	1,97	0,221	— 0,009

(S. hierzu Abb. 8.)

[1]) Landw. Jahrbücher 1900.



Ohne Zusatz | 25 g Pentosan. | 25 g Holzfaser.

25 g Stroh, grob. | 25 g Stroh, mittelfein. | 25 g Stroh, staubfein.

50 g Stroh, grob. | 50 g Stroh, mittelfein. | 50 g Stroh, staubfein.

Abb. 8. Boden nach Zusätzen sofort bestellt.

Am schädlichsten hatte das aus dem Stroh isolierte Pentosan gewirkt, weniger die Holzfaser, welche den niederen Organismen weniger zugänglich ist, keinen oder so gut wie keinen schädigenden Einfluß hatte der Torf ausgeübt, welcher Bakteriennährstoffe nicht oder kaum enthält. Es betrugen die Ernten:

Ohne Zusatz . . .	11,4 g	Senf,	0,230 g	Stickstoff
Torf	11,2 g	„	0,221 g	„
Pentosan	2,0 g	„	0,045 g	„

Einen sehr schädigenden Einfluß übte auch Zucker und Stärke aus, welche vorzügliche Kohlenstoffquellen für die niederen Organismen darstellen:[1])

Senf, Boden: 90 % Sand + 10 % humoser Lehm.

Düngung pro Gefäß 0,2 g Salpeter-Stickstoff	Ernte pro Gefäß Trockensubstanz	Stickstoff	Stickstoff	Durch Zusätze Stickstoff weniger
	g	%	g	g
Ohne Zusatz	8,7	2,45	0,213	—
25 g Rohrzucker	1,3	2,75	0,036	— 0,177
25 g Weizenstärke	1,1	2,63	0,029	— 0,184
25 g Kartoffelstärke	1,9	2,26	0,043	— 0,170
50 g Weizenstroh	4,7	2,05	0,096	— 0,117
25 g „	6,0	2,13	0,128	— 0,085
10 g „	7,1	2,22	0,158	— 0,055

Der Rohrzucker und die Stärke hatten also die Ernte und die Stickstoffaufnahme bald bis auf Null herabgedrückt; der schädigende Einfluß des Strohes steigt, wie dies nicht anders zu erwarten war, mit der Erhöhung der Zufuhr und der Feinheit (s. Abb. 8).

Ein anderer nach dieser Richtung ausgeführter Versuch ist durch die folgende Abbildung veranschaulicht. (S. Abb. 9.) Diese Abbildung zeigt, daß die Leguminosen, in diesem Falle die Pferdebohne, nicht in der Weise in ihrem Wachstum durch organische Substanzen beeinflußt werden, da sie ihren Stickstoffbedarf aus der Luft decken können.

Auch auf dem freien Felde treten Ernteerniedrigungen durch frische organische Substanzen auf, wenn nicht ein Überschuß von löslichen Stickstoffverbindungen im Boden vorhanden ist. So wurden bei Feldversuchen, welche der Verfasser mit W. Krüger[1]) mit Senf anstellte, folgende Minderernten an Trockensubstanz und Stickstoff pro Hektar festgestellt:

[1]) Landw. Jahrbücher 1900.

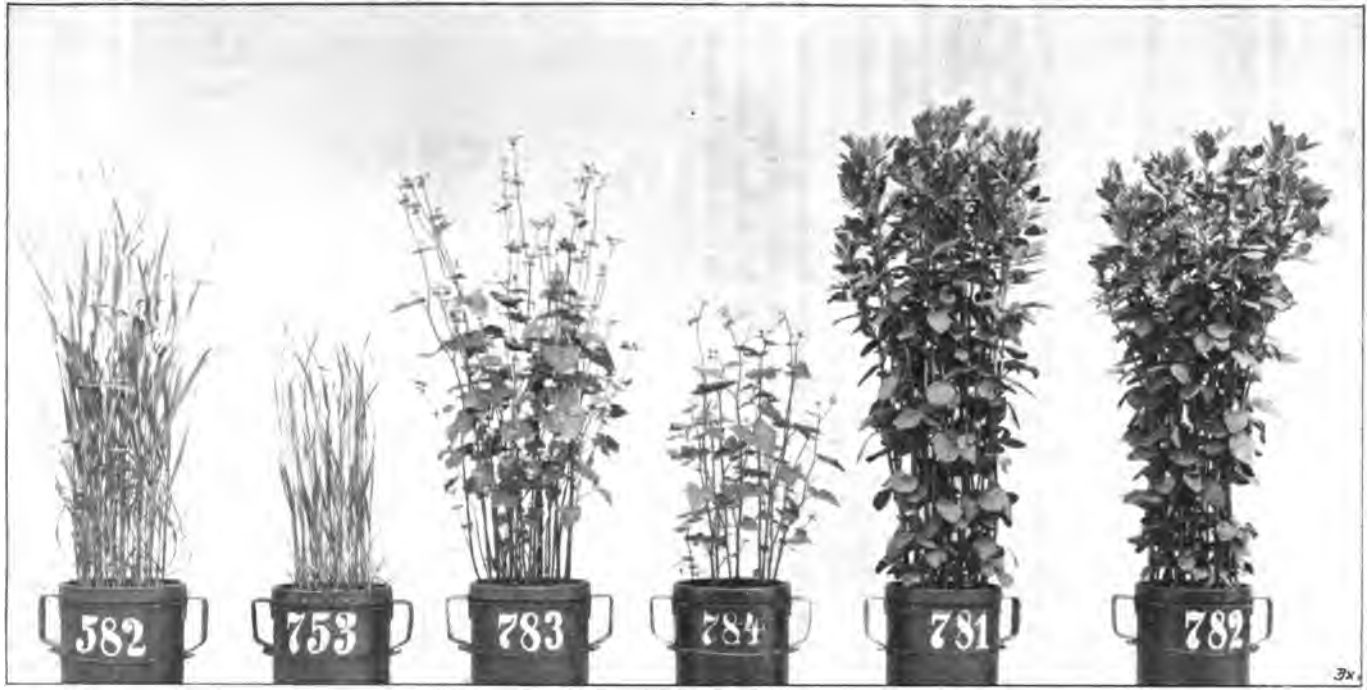


Abb. 9. Boden nach Zuckerzusatz sofort bestellt.

Hafer.		Buchweizen.		Pferdebohnen.	
Ohne Zucker.	Mit Zucker.	Ohne Zucker.	Mit Zucker.	Ohne Zucker.	Mit Zucker.

	Frische Substanz dz pro ha	Trockensubstanz dz pro ha	Stickstoff kg pro ha
Gegen ungedüngt:			
Weizenstroh	— 70,7	— 8,8	— 20,14
Gegen Harn:			
Harn + Kuhkot u. Weizenstroh . .	— 75,0	— 7,5	— 27,89
Gegen Salpeter:			
Salpeter + Stroh	— 68,5	— 5,9	— 25,91

Es hatte also auch hier durch die organischen Substanzen eine bedeutende Ernteerniedrigung stattgefunden. Es wurden, wie die Zahlen zeigen, bei der Düngung mit frischem Kot und Stroh in Verbindung mit Harn 75 dz frische Substanz, 7,5 dz Trockensubstanz und 27,89 kg Stickstoff weniger geerntet als auf den nur mit Harn gedüngten Parzellen. Auf den mit Stroh und Salpeter gedüngten Parzellen wurden 68,5 dz frische Substanz, 5,9 dz Trockensubstanz und 25,91 kg Stickstoff weniger geerntet als auf den nur mit Salpeter gedüngten Parzellen.

Im Gegensatz zur frischen organischen Substanz zeigt eine verrottete organische Substanz, welche eine Kohlenstoffquelle für die niederen Organismen nicht mehr darstellt, keinen schädigenden Einfluß mehr, wie folgender vom Verfasser in Gemeinschaft mit W. Krüger[1]) ausgeführter Vegetationsversuch zeigt:

Abb. 10.

Ohne Zusatz. Kot-Stroh, frisch. Kot-Stroh, verrottet.

[1]) Landw. Jahrbücher 1900.

Senf, Boden: humoser Lehm.

Düngung pro Gefäß	Ernte pro Gefäß Trockensubstanz	Gegen ohne N-Düngung + bezw. —	Stickstoff	Stickstoff	Gegen ohne N-Düngung + bezw. —
	g	g	%	g	g
Ohne Stickstoffdüngung .	5,8	—	2,21	0,128	—
Kot-Stroh (45 g Trockensubstanz), frisch . . .	1,5	— 4,3	2,31	0,035	— 0,093
Kot-Stroh (45 g Trockensubstanz), verrottet . .	7,3	+ 1,5	2,02	0,148	+ 0,020

(S. hierzu Abb. 10.)

Wie aus den Zahlen ersichtlich, hatten die beiden Kot-Strohgemische in gerade entgegengesetzter Richtung gewirkt; das frische hatte die Ernte fast bis auf Null erniedrigt, das verrottete hatte sie etwas erhöht.

Aus allen diesen Versuchen geht unzweifelhaft hervor, daß frische organische Substanzen, welche für die niederen Organismen eine ausgiebige Kohlenstoffquelle darstellen, die Ausnutzung der löslichen Stickstoffverbindungen seitens der höheren Pflanze schädlich beeinflussen, während verrottete organische Substanzen diesen Einfluß nicht mehr ausüben.

5. Die Mineralstoffe (Aschenbestandteile).

Die Pflanze besteht nicht allein aus Wasserstoff, Sauerstoff, Kohlenstoff und Stickstoff, d. h. nicht allein aus Wasser und organischen stickstofffreien und stickstoffhaltigen Substanzen, sondern sie enthält auch noch eine Reihe von unverbrennlichen Stoffen, welche von jeher unter dem Namen Asche bekannt sind. Unterwirft man eine Pflanze oder Teile der Pflanze einer Verbrennung, so entweicht das Wasser, welches als solches in der Pflanze vorhanden ist, und die organischen Stoffe der Pflanze verbrennen zu Kohlensäure und Wasser, wobei auch stickstoffhaltige Gase entweichen. Zurück bleibt ein unverbrennlicher Teil, die Asche. Diese enthält eine Reihe von Mineralstoffen, welche für das Pflanzenleben unentbehrlich sind. Daß die Pflanze solche Aschenbestandteile enthält, war von jeher bekannt, wußte man doch von jeher, daß Holz und Kohle nicht glatt verbrennen, sondern daß sie einen unverbrennlichen Teil, die Asche, zurücklassen. Eine andere Frage war, ob die Bestandteile der Asche zufällige Bestandteile der Pflanzen sind, oder ob sie für das Pflanzenleben unentbehrlich sind.

Bis zu Anfang des 19. Jahrhunderts war die Meinung vertreten, daß die Aschenbestandteile nur zufällig in der Pflanze vorkommen. Zu dieser Ansicht trugen bei:

a) Der geringe prozentische Aschengehalt der Pflanzen. Es enthalten z. B. nach Mentzel und von Lengerkes landw. Kalender:

Gras	1,7 % Asche
Grüner Hafer	1,5 „ „
Rotklee	1,4 „ „
Rüben	0,6 „ „

b) Die großen Schwankungen der einzelnen Aschenbestandteile. So hatte man z. B. gefunden, daß von 100 Teilen Asche vorhanden waren:[1])

bei Kleepflanzen	9—50	Teile Kali
„ Haferpflanzen	4—38	„ Kalk
„ „	18—54	„ Kali
„ „	0—27	„ Natron.

Man sagte sich, wenn eine Pflanze nur so geringe Mengen von Aschenbestandteilen aufweist und die einzelnen Aschenbestandteile derartigen Schwankungen unterworfen sind, so müssen diese Bestandteile für die Pflanze entbehrlich sein. Diese Anschauung über die Bedeutungslosigkeit der Aschenbestandteile war noch im Jahre 1800 die herrschende, wie auch aus der Preisfrage hervorgeht, welche in diesem Jahre die Berliner Akademie der Wissenschaften stellte. Sie lautete: „Von welcher Art sind die erdigen Bestandteile, welche man mit Hilfe der chemischen Zergliederung in den verschiedenen inländischen Getreidearten findet? Treten diese in solche so ein, wie man sie findet, oder werden sie durch die Wirkung der Organe der Vegetation erzeugt?" Die Antwort auf diese Preisfrage lautete: „Die in den Pflanzen enthaltenen Aschenbestandteile werden durch den Lebensprozeß erzeugt." Als der Erste, welcher die Bedeutung der Mineralstoffe hervorhob, ist wohl de Saussure 1804 zu nennen. Der folgende Ausspruch von ihm, welcher sich auf zahlreiche Untersuchungen stützte, verdient Beachtung: „Die auflöslichen Bestandteile der Dammerde tragen in gewissem Grade zu deren Fruchtbarkeit bei; die Aschenbestandteile jener enthalten alle Elemente der Pflanzenaschen." Dann war es Sprengel welcher 1837 mit größerer Bestimmtheit die Wichtigkeit der Aschenbestandteile hervorhob und von diesen „als unentbehrliche Nahrungsmittel" für die Pflanze spricht. Gestützt auf Aschenanalysen, erachtete er folgende Mineralstoffe als unentbehrlich: Eisen, Mangan, Magnesia, Kali, Natron, Chlor, Phosphorsäure und Schwefelsäure, neben den damals als notwendig angesehenen Bodenbestandteilen: Ton, Kalk und Humus. Aber auch Sprengels Lehre fand noch wenig Beachtung, so daß es erst Liebig 1840 vorbehalten war, der eigentliche Gründer der neuen Ernährungslehre, der sogenannten Mineraltheorie, zu werden. Wenn auch Liebigs Aussprüche nicht auf experimentellen Beweisen basierten, so ist es doch das unanfechtbare Verdienst Liebigs, daß er alles das, was bis dahin zutage gefördert war, klar begriff und der Erste war, der den Satz aussprach, daß zur Erhaltung einer gleichen Produktion ein Ersatz von Mineralstoffen statt-

[1]) Ad. Mayer, Agrikulturchemie und Landwirtschaftliche Versuchsstationen 1869.

finden müsse. Die Erkenntnis Sprengels und Liebigs von den Beziehungen zwischen Fruchtbarkeit und Mineralstoffen basierten auf folgenden Tatsachen und Beobachtungen:

1. dem regelmäßigen Vorkommen der Mineralstoffe in der Pflanze,
2. den schlechten Erträgen auf Böden, welche arm an gewissen Mineralstoffen waren,
3. der Wirkung gewisser Mineralstoffe auf solchen Böden,
4. der Unwirksamkeit solcher Mineralstoffe auf fruchtbaren Böden.

Es war aber weder von Sprengel noch von Liebig der experimentelle Beweis für die Unentbehrlichkeit der Mineralstoffe erbracht, so daß seitens der Universität Göttingen folgende Preisfrage gestellt wurde: „Sind die sogenannten unorganischen Elemente, welche in der Asche der Pflanze gefunden werden, auch dann vorhanden, wenn sie denselben nicht dargeboten werden und sind jene Elemente so wesentliche Bestandteile des vegetabilischen Organismus, daß dieser sie zu seiner völligen Ausbildung bedarf?" Der Preis wurde 1842 Wiegmann und Polstorff zuerkannt, deren Antwort auf Grund einer experimentellen Beweisführung folgendermaßen lautete: „Das Wachstum der Pflanze wird sehr behindert und fast ganz unterdrückt, sobald nicht eine gewisse Menge von unorganischen Bestandteilen in aufgelöstem Zustande im Boden zugegen ist." Wiegmann und Polstorff zogen verschiedene Pflanzen, Erbsen, Gerste, Hafer, Buchweizen, Tabak und Rotklee einerseits in einem Sand, welchem die aufnehmbaren Mineralstoffe durch Königswasser entzogen waren, andererseits in einem Sand, welchem Mineralstoffe, so wie sie sich in der natürlichen Ackererde und in den Pflanzen vorfinden, zugesetzt waren. Sie beobachteten ein freudiges Wachstum im letzteren Falle und eine Verkümmerung der Pflanzen im ersteren Falle.

Hiermit war experimentell die Unentbehrlichkeit der Aschenbestandteile im allgemeinen bewiesen. Die weitere Aufgabe bestand nun darin: 1. festzustellen, welche Mineralstoffe sind für die Pflanze unentbehrlich, 2. in welcher Form müssen sie der Pflanze zugeführt werden, 3. welche Funktionen haben die einzelnen Mineralstoffe zu erfüllen. Die richtige Methode zur Lösung der weiteren Fragen war durch die Versuche von Wiegmann und Polstorff gegeben; man wählte entweder die Wasserkultur oder die Sandkultur, wobei so verfahren wurde, daß man den einen oder anderen Bestandteil der Pflanzenasche fortließ und auf diese Weise die Entbehrlichkeit oder Unentbehrlichkeit der einzelnen Bestandteile feststellte. In der Asche der verschiedenen Pflanzen waren nun je nach dem Standort der Pflanzen die verschiedensten Mineralstoffe vorgefunden worden. Da nun aber eine große Reihe von Mineralstoffen nicht regelmäßig gefunden wurde, war von vornherein anzunehmen, daß solche Mineralstoffe entbehrlich seien für die Pflanze, daß sie diese nur da aufgenommen hatte, wo sie sich ihrer nicht erwehren konnte.

Die regelmäßig in den Pflanzen vorkommenden Aschenbestandteile sind die folgenden: Schwefel, Phosphor, Silicium, Chlor, Kalium, Natrium, Kalcium, Magnesium und Eisen. Alle

anderen mußten entbehrlich sein. Es konnten nur die genannten oder einzelne von diesen für das Pflanzenleben als unentbehrlich angesprochen werden.

Unentbehrlich für das Pflanzenleben sind:

a) Solche Mineralstoffe, welche einen konstituierenden Bestandteil unentbehrlicher organischer Bestandteile der Pflanze sind, z. B. der Schwefel als Bestandteil des Eiweiß.

b) Solche Mineralstoffe, welche in Beziehung stehen zur Stoffbildung, wie z. B. der Phosphor in seiner Beziehung zur Eiweißbildung, das Kalium in seiner Beziehung zur Bildung von Kohlehydraten (Stärke, Zucker usw.).

Was die Form der Aufnahme betrifft, so kommen hauptsächlich in Frage die hochoxydierten Salze, z. B. die phosphorsauren Salze und die schwefelsauren Salze. Die niederen Oxydationsstufen, z. B. die phosphorigsauren Salze und die schwefligsauren Salze sind zunächst Pflanzengifte.

Der Mineralstoffgehalt (Aschengehalt) im allgemeinen.

Der Aschengehalt ist bei unseren Kulturpflanzen ein verschiedener und wird in stärkerem oder schwächerem Maße beeinflußt durch den Boden und die Düngung. Je nährstoffreicher der Boden und je stärker die Düngung, desto höher ist der Aschengehalt der Pflanzen. Auch die Züchtung der Kulturpflanzen kann den Aschengehalt beeinflussen. Ein Beispiel hierfür bietet die Zuckerrübe. Nach Angaben von E. v. Wolff betrug der Aschengehalt der Zuckerrüben bis zum Jahre 1880 im Durchschnitt 3,84 % in der Trockensubstanz. In den neunziger Jahren des vorigen Jahrhunderts führte der Verfasser eine größere Anzahl von Untersuchungen über den Aschengehalt der Rüben aus und fand im Durchschnitt von auf verschiedenen Böden gewachsenen und verschieden gedüngten Zuckerrüben einen mittleren Aschengehalt von 2,44 % in der Trockensubstanz. Im Jahre 1906 betrug der durchschnittliche Aschengehalt verschiedener auf dem humosen Lößlehmboden der Versuchswirtschaft Lauchstädt gewachsener Rübensorten 2,25 % in der Trockensubstanz. Es ist also, wie die Zahlen deutlich beweisen, der Aschengehalt bei den jetzigen Zuckerrübensorten ein erheblich niedrigerer als bei den früheren Zuckerrübensorten. Als Grund hierfür kann nur die Züchtung angeführt werden. Für diese suchte man stets Rüben mit einem hohen Zuckergehalt aus und solche Rüben enthalten stets einen niedrigen Aschengehalt. Auf diese Weise läßt sich das schrittweise Zurückgehen des Aschengehaltes in den Rübenwurzeln erklären. Nach Mentzel und von Lengerkes landw. Kalender beträgt der durchschnittliche Aschengehalt:

	% Asche in der frischen bezw. lufttrocknen Substanz	% Asche in der Trockensubstanz
Junges Gras	1,70	8,50
Hafer, grün	1,46	7,68
Mais, grün	1,04	6,08
Luzerne, Anfang der Blüte	1,81	6,96
Rotklee, in der Blüte	1,37	6,85
Wiesenheu	7,45	8,69
Luzerneheu, Anfang der Blüte	6,33	7,54
Rotkleeheu, in der Blüte	5,40	6,43
Winterroggenkörner	1,89	2,21
Winterweizenkörner	1,78	2,08
Sommergerstenkörner	2,69	3,14
Haferkörner	2,65	3,09
Erbsen	2,75	3,21
Bohnen	3,10	3,63
Winterroggenstroh	4,00	4,67
Winterweizenstroh	4,85	5,66
Sommergerstenstroh	4,98	5,81
Haferstroh	6,33	7,39
Erbsenstroh	3,80	4,52
Bohnenstroh	4,49	5,35
Futterrübenwurzeln	0,75	6,25
Zuckerrübenwurzeln	0,58	2,32
Kartoffelknollen	0,95	3,80
Futterrübenkraut	1,55	16,32
Zuckerrübenkraut	2,20	15,80
Kartoffelkraut, fast reif	2,50	10,87

Hiernach enthalten durchschnittlich in abgerundeten Zahlen:

	% Asche in der Trockensubstanz
Grüne Futterpflanzen und Heu	6—8
Getreidekörner	2—3
Leguminosenkörner	3—4
Getreidestroh und Leguminosenstroh	4,5—7
Kraut der Wurzelfrüchte	11—16
Wurzeln bezw. Knollen derselben	2—6

Der Aschengehalt der Wurzelfrüchte ist, wie die Zahlen zeigen, ein recht verschiedener. Während die Futterrübenwurzeln in der Trockensubstanz 6 % Asche und darüber aufweisen, weisen die Wurzeln unserer modernen Zuckerrübensorten nur einen Aschengehalt von nicht viel mehr als 2 % auf. Der Grund hierfür ist, wie oben schon hervorgehoben, die Züchtung der Zuckerrübe.

Die einzelnen Mineralstoffe.

a) Der Schwefel (S).

Der Schwefel ist für das Pflanzenleben, wie durch Kulturversuche erwiesen, als unentbehrlich anzusehen. Pflanzen ohne Schwefelverbindungen brachten es niemals zu einer nennenswerten Produktion. Die Frage nach der Funktion des Schwefels ist auch leicht zu beantworten. Alle Eiweißkörper enthalten eine gewisse Menge von Schwefel (0,4—1,5 %). Es ist deshalb ein Aufbau der Eiweißstoffe ohne Schwefel nicht möglich. Einzelne Pflanzen bedürfen des Schwefels auch noch zu anderen Stoffbildungen, z. B. Senf, Knoblauch, Meerrettich. Die scharfen Öle dieser Pflanzen, wie Senföl, Knoblauchöl, sind schwefelhaltige organische Verbindungen.

Günstige Formen sind: Schwefelsaures Kalium, SO_4K_2, schwefelsaures Natrium, SO_4Na_2, schwefelsaures Ammoniak, $SO_4(NH_4)_2$, schwefelsaure Magnesia, SO_4Mg, weniger schwefelsaurer Kalk, SO_4Ca.

Saure schwefelsaure Salze, freie Schwefelsäure, schwefligsaure Salze und Schwefelmetalle sind Pflanzengifte. Die ersteren müssen erst im Boden neutralisiert, die letzteren oxydiert werden, ehe sie von der Pflanze verwertet werden können.

Bei der Verarbeitung der schwefelsauren Salze in der Pflanze zu Eiweißstoffen und anderen Schwefelverbindungen findet ein Reduktionsprozeß statt, während sich beim Keimungsprozeß und im tierischen Organismus ein Oxydationsprozeß abspielt, wobei sich der Schwefel der organischen Verbindungen wieder in Form von schwefelsauren Salzen abspaltet.

Der Schwefelbedarf der Pflanze ist bei der Düngung nicht oder nur selten zu berücksichtigen, da 1. die Kulturböden genügende Mengen von Schwefelverbindungen enthalten, 2. der Schwefel schon in Form der üblichen Düngungen (der Staßfurter Kalisalze, des Superphosphats, des schwefelsauren Ammoniaks usw.) dem Boden zugeführt werden.

b) Der Phosphor (P).

Ebenso wie der Schwefel ist auch der Phosphor, wie zahlreiche Kulturversuche ergaben, für das Pflanzenleben unentbehrlich. Praktisch spielt der Phosphor eine viel größere Rolle als der Schwefel, da 1. der Bedarf der Pflanzen an Phosphor ein höherer ist als an Schwefel, 2. der Phosphor in der Natur knapper vertreten ist als der Schwefel, so daß er leichter ins Minimum gerät.

Der Phosphorsäuregehalt der verschiedenen Kulturpflanzen und der der einzelnen Teile ist ein verschiedener. Es enthalten z. B.:[1])

[1]) Mentzel und von Lengerkes landwirtschaftlicher Kalender 1913.

	Phosphorsäure (P_2O_5) %
Körner von Winterroggen	0,85
„ „ Winterweizen	0,80
„ „ Erbsen	1,00
„ „ Ackerbohnen	1,21
„ „ Lupinen	1,42
Stroh von Winterroggen	0,28
„ „ Winterweizen	0,20
„ „ Erbsen	0,35
„ „ Ackerbohnen	0,29
„ „ Lupinen	0,25

Demnach enthalten die eiweißreichen Körner erheblich mehr Phosphorsäure als das eiweißarme Stroh, die eiweißreicheren Leguminosen wieder mehr als die stärkemehlreicheren Getreidearten.

Der Phosphor ist 1. ein konstituierender Bestandteil gewisser Eiweißstoffe, speziell der Nucleoproteide des Zellkerns, so daß diese Eiweißstoffe ohne Phosphor überhaupt nicht aufgebaut werden können, 2. ist der Phosphor ein steter Begleiter aller anderen Eiweißstoffe, so daß man annehmen muß, daß er bei der Bildung, Wanderung und Ablagerung der Eiweißstoffe eine bestimmte Rolle spielt. Man findet den Phosphor in der Pflanze meist in einem bestimmten Verhältnis zum Stickstoff. So enthalten:[1])

	P_2O_5 %	N %
Körner von Roggen	0,85	1,90
„ „ Weizen	0,80	2,00
„ „ Gerste	0,80	1,53
„ „ Hafer	0,70	1,70
Durchschnitt	0,79	1,78
Verhältnis	1 :	2,3

Bei 7jährigen Anbauversuchen in der Versuchswirtschaft Lauchstädt wurden vom Verfasser für den Hektar folgende Phosphorsäure- und Stickstoffmengen ermittelt:

	P_2O_5 kg	N kg
Körner von Winterweizen	30,97	71,99
„ „ Gerste	25,24	47,10
Durchschnitt	28,12	59,55
Verhältnis	1 :	2,1
Körner + Stroh von Winterweizen	42,80	104,84
„ + „ „ Gerste	31,38	65,50
Durchschnitt	37,09	85,17
Verhältnis	1 :	2,3

[1]) Mentzel und von Lengerkes landwirtschaftlicher Kalender 1913.

Demnach begleiten sich Phosphorsäure und Stickstoff in den Getreidearten ungefähr in dem Verhältnis wie 1 : 2. Bei den Leguminosen und bei den Wurzelfrüchten, Rüben und Kartoffeln, ist das Verhältnis ein weiteres 1 : 3—4.

Man nahm früher an und man ist auch jetzt noch hier und da der Ansicht, daß die Phosphorsäure in Beziehung zum Zuckergehalt der Rüben steht. Dies ist nicht der Fall. Es beweisen dies:

1. Vegetationsversuche von Hellriegel[1]), welche derselbe mit steigenden Phosphorsäuregaben anstellte:

Zuckerrüben. Sand + Torf.

Düngung P_2O_5 g	Rüben g	Zucker %
2,840	802	13,9
2,130	897	14,3
1,420	825	14,3
1,065	800	13,2
0,710	696	14,3
0,355	572	15,4
0,178	319	13,2
0,000	8	?

Wir sehen aus diesen Zahlen, daß die Phosphorsäuredüngung die Erträge erhöht hat, nicht aber die Zuckerprozente. Von dem Moment an, wo die Phosphorsäure nicht ausreichte, fielen die Ernten mit der Erniedrigung der Phosphorsäuregaben, nicht aber der Zuckergehalt. Es betrug im Durchschnitt der 4 ersten höheren ausreichenden Phosphorsäuregaben der Zuckergehalt der Rüben 13,9 %, im Durchschnitt der 3 letzten, niedrigeren, nicht ausreichenden Phosphorsäuregaben 14,3 %.

2. Feldversuche vom Verfasser. Im Durchschnitt von 5 Jahren zeigten bei höherer Stickstoffdüngung die Zuckerrüben folgenden prozentischen Zuckergehalt:

Zuckerrüben ohne Phosphorsäuredüngung 17,33 % Zucker
„ mit „ 17,23 % „

Es zeigten also die nicht mit Phosphorsäure gedüngten Rüben keinen niedrigeren Zuckergehalt als die mit Phosphorsäure gedüngten. Dies trifft aber nur dann zu, wenn die Rüben in ausgereiftem Zustande abgeerntet werden. Werden sie zu frühzeitig abgeerntet, oder reifen sie infolge ungünstiger Witterung nicht aus, dann zeigen die mit Phosphorsäure gedüngten Rüben infolge der reifebeschleunigenden Wirkung der Phosphorsäure einen höheren Zuckergehalt als die nicht mit Phosphorsäure gedüngten.

---

[1]) Sonderabdruck aus der Zeitschrift für die Rübenzucker-Industrie d. D. R. Juli 1893. Druck von C. Trippo, Staßfurt.

Auch der Stärkegehalt wird durch die Phosphorsäuredüngung nicht erhöht. Es betrug im Durchschnitt von 5 Jahren der Stärkegehalt der Kartoffeln:

Kartoffeln ohne Phosphorsäuredüngung 18,89 % Stärke
„ mit „ 18,82 % „

Auch diese Zahlen haben nur Gültigkeit für ausgereifte Kartoffeln.

In Frage kommende Formen sind: Alle Salze der Orthophosphorsäure mit einer der Pflanze zusagenden Basis, phosphorsaures Kalium, PO_4K_3, phosphorsaures Natrium, PO_4Na_3, phosphorsaures Ammoniak, $PO_4(NH_4)_3$, oder die entsprechenden sauren Salze; 3basisch phosphorsaurer Kalk $(PO_4)_2Ca_3$, 2basisch phosphorsaurer Kalk $(PO_4)_2Ca_2H_2$, 1basisch phosphorsaurer Kalk $(PO_4)_2CaH_4$ und die entsprechenden Magnesiasalze. Die 3basisch phosphorsauren Salze der alkalischen Erden sind sehr schwer löslich, die 2basischen Salze der alkalischen Erden verhältnismäßig leicht, während alle anderen oben aufgeführten Salze wasserlöslich sind, also direkt von der Pflanze aufgenommen werden können. Der 1basisch phosphorsaure Kalk (Monokalziumphosphat) ist die Form, in welcher die Phosphorsäure im Superphosphat vorhanden ist.

c) Das Silizium (Si).

Das Silizium befindet sich an ganz anderen Orten in der Pflanze als die Phosphorsäure und der Schwefel. Wir finden das Silizium nicht dort in der Pflanze, wo die Eiweißstoffe angehäuft sind, sondern vorzugsweise in der Zellhaut, hauptsächlich in Form von freier Kieselsäure (SiO_2). In größeren Mengen finden wir das Silizium a) in gewissen Teilen der Pflanze, älteren Blättern, Stengeln, Spelzen und Grannen der Getreidearten und in den Rinden der Bäume, also in Geweben, die mehr zum Schutz für andere Pflanzenteile dienen; b) in gewissen Pflanzengruppen, vorzugsweise in den Gräsern, Getreidearten und dem Schachtelhalm, dessen Härte die Kieselsäure bedingt. Veraschen wir z. B. die kieselsäurereichen Spelzen des Getreides, so bleibt das sogenannte Kieselskelett übrig, welches noch deutlich die Struktur des betreffenden Gewebes zeigt. Man hielt früher das Silizium als unentbehrlich für das Pflanzenleben, da es in allen Pflanzen vorkommt. Kulturversuche haben aber später ergeben, daß es in keiner Beziehung zum Stoffwechsel steht und auch zur Erzeugung bestimmter Pflanzenbestandteile nicht notwendig ist. Dagegen ist das Silizium als nützlich für das Pflanzenleben anzusprechen. Man glaubte früher, daß seine Nützlichkeit darin bestände, daß es durch seine Einlagerung in die Stengel den Pflanzen den nötigen Halt und die nötige Festigkeit verleihe und schrieb so z. B. das Lagern des Getreides einem Kieselsäuremangel zu. Dies trifft aber nicht zu. Es ist das Lagern des Getreides zurückzuführen auf einen Stickstoffüberschuß, welcher hauptsächlich in Verbindung mit reichlichen Niederschlägen und bei dichtem Stand der Pflanzen das Lagern des Getreides hervorruft. Die Nützlichkeit des Siliziums dürfte darin

bestehen, daß es durch seine Einlagerung in die Zellhaut diese weniger durchdringbar macht für Bakterien, Pilze und tierische Feindlinge.

Die Aufnahme des Siliziums erfolgt in Form freier Kieselsäure oder in Form löslicher kieselsaurer Salze.

d) Das Chlor (Cl).

Das Chlor finden wir in den Blättern und in dem Stroh in höherem Maße aufgespeichert als in den Körnern und Wurzeln. So enthalten z. B. nach Mentzel und von Lengerkes landw. Kalender:

Getreidekörner	0,05—0,15 % Chlor
Getreidestroh	0,10—0,40 % „
Zuckerrübenwurzeln i. d. Tr. . .	0,08 % „
Zuckerrübenblätter i. d. Tr. . .	0,50 % „

Demnach enthält das Stroh unserer Getreidearten ungefähr 2—3mal soviel, die Rübenblätter ungefähr 6mal soviel Chlor als die Körner bezw. die Wurzeln.

Das Chlor ist, wie Kulturversuche ergaben, nicht als unentbehrlich für das Pflanzenleben, wohl aber in Form geeigneter Verbindungen als nützlich für dasselbe anzusprechen. Nobbe fand die grünen Organe der mit Ausschluß von Chlor gezogenen Buchweizenpflanze ganz strotzend von Stärkekörnern, was bei Anwesenheit von Chlorsalzen nicht der Fall war. Derselbe schloß aus diesem Verhalten, daß wegen des Mangels an Chlor dem Stärkemehl die Wanderungsfähigkeit fast vollständig genommen sei, daß nur die chlorhaltige Zellflüssigkeit die Fähigkeit habe, die Stärkekörner in der Weise zu lösen, wie es zu deren Wanderung notwendig ist und ist geneigt anzunehmen, daß das von ihm beobachtete Fehlschlagen der Blüten nur eine sekundäre Erscheinung sei, indem dieselben ohne jede Anwesenheit von Chlor nicht genügende Mengen von durch die Blätter assimilierter organischer Substanz zugeführt erhielten. Diese Beobachtungen und Schlußfolgerungen Nobbes stehen sehr gut im Einklang mit Ergebnissen von Versuchen, welche der Verfasser[1]) mit D. Meyer und F. Münter über die Wirkung der Chlorsalze auf die Verzuckerung der Stärke durch die Diastase ausübt. Es wurden bei diesen Versuchen vergleichsweise u. a. geprüft: Chlorkalium, Chlornatrium, Chlorammonium, schwefelsaures Kalium, schwefelsaures Natrium und schwefelsaures Ammonium. Die angewandten Diastasemengen betrugen in den einzelnen Fällen 0,01 g, die Verzuckerungsdauer 2 Stunden bei 40—42° C. Es wurden bei diesen Versuchen aus 1 g Stärke in dieser Zeit folgende Maltosemengen gebildet:

---

[1]) Arbeiten der agr.-chem. Versuchsstation Halle a. S., II. und Landwirtschaftliche Jahrbücher 1906.

	Aus 1 g Stärke gebildete Maltosemengen: Chlorkalium	Chlornatrium	Chlorammonium
	g	g	g
Diastase ohne Zusatz	0,2695	0,2695	0,2695
„ + 0,001 %	0,2677	0,2655	0,2637
„ + 0,01 „	0,2628	0,2619	0,2664
„ + 0,1 „	0,2677	0,2841	0,2814
„ + 1,0 „	**0,3646**	**0,3637**	**0,3982**
„ + 2,0 „	**0,3956**	**0,3690**	**0,3911**
„ + 4,0 „	**0,3965**	**0,3584**	**0,3575**
	Schwefels. Kalium	Schwefels. Natrium	Schwefels. Ammonium
Diastase ohne Zusatz	0,1947	0,1947	0,1947
„ + 0,001 %	0,1867	0,1885	0,1929
„ + 0,01 „	0,1867	0,1965	0,1890
„ + 0,1 „	0,1902	0,1923	0,2093
„ + 1,0 „	0,2021	0,2372	0,2253
„ + 2,0 „	—	0,2248	0,2457
„ + 4,0 „	—	0,1966	0,2332

Es hatten somit die Chlorsalze von 1 % ab eine außerordentlich günstige Wirkung auf die Verflüssigung der Stärke hervorgerufen, während dies bei den schwefelsauren Salzen nicht oder nur in unerheblichem Maße der Fall war. Es ist wohl anzunehmen, daß auch in der Pflanze die Chlorsalze, speziell die Chloralkalien, diesen günstigen Einfluß auf die Lösung und Wanderung der Stärke ausüben, wodurch das Wachstum der Pflanze beschleunigt wird.

Gewisse Pflanzen sind auch für die Chlorsalze, von denen die Chloralkalien als günstige Form nur in Frage kommen, besonders dankbar. Dahin gehört z. B. die Futterrübe. Bei Vegetationsversuchen, welche der Verfasser[1]) mit D. Meyer und F. Münter über die Wirkung des Chlornatriums, schwefelsauren Natriums, Chlormagnesiums und der schwefelsauren Magnesia zu Futterrüben ausführte, wurden folgende Ergebnisse gewonnen:

Boden: 80 % Heidesand + 20 % Lehmboden.

	Wurzeln	
	frisch	Trockensubstanz
	g	g
Ohne Kali	265,5	37,03
1 g Kali kieselsaures Kalium	478,2	58,11
1 g „ „ „ + Chlornatrium[2]) .	**713,2**	**76,02**
1 g „ „ „ + schwefels. Natrium[2]) .	638,5	72,08
1 g „ „ „ + Chlormagnesium[2]) .	386,3	46,38
1 g „ „ „ + schwefels. Magnesia[2])	475,3	59,05

[1]) Arbeiten der agr.-chem. Versuchsstation Halle a. S., III. und Landw. Jahrb. 1910.

[2]) Äquivalente Mengen von Na_2O bezw. von MgO.

Es hatte also bei gleichen Mengen von Natron das Chlornatrium besser gewirkt als das schwefelsaure Natrium. Anders lag die Sache bei den Magnesiasalzen. Die schwefelsaure Magnesia hatte sich als indifferent erwiesen, das Chlormagnesium als direkt schädlich. Direkt giftig wirkt auch das Chlorkalzium. Es kommen demnach als günstig wirkende Chlorformen nur die der Alkalien in Frage. Wie günstig in einem chlorarmen Boden eine Zugabe von Chlornatrium (Kochsalz) wirkt, mögen noch folgende Vegetationsversuche von Maercker[1]) zeigen:

Gerste, Sandboden.

	Körner g	Stroh g
Volldüngung	27,43	35,2
„ + Chlornatrium . .	38,57	41,1

Hafer, Sandboden.

Volldüngung	30,45	47,1
„ + Chlornatrium . .	42,60	53,7

Die günstige Wirkung des Chlornatriums tritt also hier deutlich hervor.

Im Gegensatz zu dem Getreide und der hochgezüchteten Zuckerrübe sind die Futterrüben und die Kartoffeln gegen höhere Gaben von Chlorsalzen sehr empfindlich, insofern als bei den Futterrüben der Trockensubstanzgehalt, bei den Kartoffeln der Stärkegehalt durch höhere Gaben von Chlorsalzen erniedrigt, unter Umständen stark erniedrigt wird. Auch bei dem Tabak wirken Chlorsalzgaben ungünstig. Mit Chlorsalzen gedüngter Tabak zeigt einen schlechten Brand, der Tabak kohlt infolge des Zusammenschmelzens der leicht schmelzbaren Chlorsalze.

Zeigen Stroh und Blätter schon so einen erheblich höheren Chlorgehalt als Körner und Wurzeln, so lagert sich auch noch das durch die Düngung zugeführte Chlor fast lediglich in dem Stroh und in den Blättern ab. Es zeigen dies z. B folgende Untersuchungen von Maercker:[1])

Gerste, Sandboden.

	Körner % Chlor	Stroh % Chlor
Volldüngung	0,21	0,28
„ + Chlornatrium . .	0,22	2,18

Hafer, Sandboden.

Volldüngung	0,08	0,30
„ + Chlornatrium . .	0,09	1,73

[1]) Arbeiten der D. L.-G. Heft 56, 1901.

Rüben, Sandboden.

	Wurzeln i. d. Tr. % Chlor	Blätter i. d. Tr. % Chlor
Ohne Chlorsalze	0,07	0,53
Chlorsalze, kleine Gabe	0,11	1,46
„ höhere „	0,09	2,74
„ höchste „	0,10	3,65

Es hatte sich also das durch die Düngung zugeführte Chlor ausschließlich in dem Stroh bezw. in den Blättern abgelagert.

Als günstige Formen kommen nur in Frage: Die Chlorsalze der Alkalien, Chlorkalium, ClK, Chlornatrium, ClNa und Chlorammonium, $Cl(NH_4)$. Die beiden ersteren sind die Hauptbestandteile der Staßfurter Kalisalze, während das Chlorammonium eine praktische Bedeutung nicht hat. Chlormagnesium, Cl_2Mg, und Chlorkalzium, Cl_2Ca, sind, da sie sehr hygroskopisch sind, keine günstigen Formen und wirken in größeren Mengen schädigend.

e) Das Kalium (K).

Das Kalium ist für das Pflanzenleben ein unentbehrlicher Nährstoff; ohne dasselbe findet bei keiner Pflanze, wie Kulturversuche ergaben, eine nennenswerte Entwicklung der Pflanze statt. Gewisse Pflanzen haben für ihre Ernährung größere Mengen Kali nötig. Zu diesen sogenannten Kalipflanzen gehören: Futterrüben, Zuckerrüben, Kartoffeln, Topinambur, Weinstock. Es enthalten nach Mentzel und von Lengerkes landw. Kalender:

	Wurzeln i. d. Tr. % Kali (K_2O)	Blätter i. d. Tr. % Kali (K_2O)
Futterrüben	2,3	2,6
Zuckerrüben	0,9	2,1
Kartoffeln	2,4	3,7

Dagegen:

	Körner % Kali (K_2O)	Stroh % Kali (K_2O)
Getreide	0,5—0,7	0,7—1,5

Hohe Ernten entnahmen bei Volldüngung im Durchschnitt mehrerer Jahre dem humosen Lößlehmboden der Versuchswirtschaft Lauchstädt die folgenden absoluten Mengen von Kali pro Hektar:

Bei den Sortenanbauversuchen:[1])

	Kali auf 1 ha kg		Kali auf 1 ha kg
Futterrüben	236,7	Winterroggen	105,2
Zuckerrüben	213,7	Winterweizen	82,5
Hafer	113,9	Sommergerste . . .	79,8

[1]) Bericht VI der Versuchswirtschaft Lauchstädt, Landw. Jahrbücher 1907 und Sonderausgabe.

Bei den statischen Versuchen:[1])

	Kali auf 1 ha kg
Zuckerrüben	241,4
Kartoffeln	197,7
Winterweizen	125,8
Sommergerste	84,4

Demnach gebrauchen die Rüben und Kartoffeln für ihre Ernährung ungefähr doppelt soviel Kali als das Getreide.

Hellriegel und Wilfarth[2]) wiesen nach, daß die Produktion von Kohlehydraten bei Zuckerrüben, Kartoffeln und Gramineen ganz abhängig ist von den verfügbaren Mengen an Kali. Bei den Vegetationsversuchen, welche diese beiden Forscher nach dieser Richtung hin mit der Zuckerrübe anstellten, wurden folgende Zahlen ermittelt:

Düngung Kali (K_2O) g	Rüben g	Zucker %
6,594	809	13,9
2,826	784	12,8
1,884	844	13,6
1,130	696	13,6
0,848	647	10,9
0,565	538	11,2
0,283	268	8,2
0,000	44	?

Wir sehen aus diesen Zahlen, daß von dem Moment ab, wo die Kaligaben nicht mehr ausreichten, nicht nur die Ernten fallen, sondern auch in stärkerem Maße der prozentische Zuckergehalt der Rüben. Es liegt also hier die Sache ganz anders wie bei der Phosphorsäuredüngung. Dort fallen (s. diese Versuche) bei unzureichenden Phosphorsäuregaben nur die Ernten, nicht aber der prozentische Gehalt der Rüben an Zucker. Maercker[3]) fand bei Vegetationsversuchen, welche mit einem leichten Sandboden ausgeführt wurden, folgende Zahlen:

Zuckerrüben:

	Ernte g	Zucker %	Zucker g
Ohne Kali	94,7	10,2	9,7
2 g Kali	404,0	14,0	56,6
4 g „	452,6	13,6	61,6
6 g „	419,1	14,8	62,0

[1]) Bericht VII der Versuchswirtschaft Lauchstädt, Landw. Jahrbücher 1910 und Sonderausgabe.

[2]) Sonderabdruck aus der Zeitschrift des Vereins für die Rübenzucker-Industrie d. D. R. 1893.

[3]) Arbeiten der D. L.-G. Heft 56, 1901.

Kartoffeln:

	Ernte g	Stärke %	Stärke g
Ohne Kali	107,0	11,3	12,1
2 g Kali.	588,1	19,4	114,1
4 g „	690,5	18,3	126,4
6 g „	678,7	18,5	125,6

Wir sehen also auch aus diesen Versuchen, daß durch die Kalidüngung auf einem kaliarmen Boden Zucker- und Stärkegehalt in hohem Maße gesteigert werden.

Aus solchen Versuchen und aus der Tatsache, daß diejenigen Pflanzen, welche viel Kohlehydrate produzieren, auch größere Kalimengen aufnehmen, schließt man, daß das Kali bei der Produktion, Translokation und der Niederlegung der Kohlehydrate eine wichtige Rolle spielt. Das Kali steht demnach zu den Kohlehydraten in ähnlicher Beziehung wie die Phosphorsäure zum Eiweiß.

Günstige Kaliformen sind: Chlorkalium, ClK, salpetersaures Kalium, NO_3K, schwefelsaures Kalium, SO_4K_2 und phosphorsaures Kalium, PO_4K_3, bezw. die sauren Salze der Phosphorsäure. Praktisch am wichtigsten ist das Chlorkalium, als welches das Kali in den Staßfurter Kalisalzen enthalten ist.

f) Das Natrium (Na).

Das Natrium befindet sich vorzugsweise in dem Stroh und den Blättern der Pflanze, in geringerer Menge in den Körnern und Wurzeln. Es enthalten nach Mentzel und von Lengerkes landw. Kalender:

Getreidekörner	0,05—0,10 %	Natron (Na_2O)
Getreidestroh	0,06—0,50 %	„
Zuckerrübenwurzeln i. d. Tr. . .	0,28 %	„
Zuckerrübenblätter i. d. Tr. . . .	1,82 %	„

Das Natrium ist, wie Kulturversuche bewiesen, als für das Pflanzenleben entbehrlich, jedoch für manche Pflanzen als nützlich anzusprechen. So zeigen uns die auf S. 116 aufgeführten Versuche, daß die Getreideernten durch eine Beigabe von Chlornatrium (Kochsalz) auf einem Sandboden, welcher arm an Natriumsalzen ist, gesteigert werden können. Ebenso wie das Chlornatrium kann auch das schwefelsaure Natrium in einem an Natron armen Bodengemisch günstig wirken, wie der auch bereits auf S. 115 angeführte Versuch mit Futterrüben beweist:

	Ernte frisch g	Ernte Trockensubstanz g
Ohne Kali	265,5	37,03
1 g Kali kieselsaures Kali	478,2	58,11
1 g „ „ „ + Chlornatrium .	713,2	76,02
1 g „ „ „ + schwefels. Natrium	638,5	72,08

(S. hierzu Abb. 11 u. 12.)

Abb. 11.

Ohne Kali. | Kieselsaures Kali. | Kieselsaures Kali + Chlornatrium. | Kieselsaures Kali + schwefels. Natrium.

Abb. 12.

Ohne Kali. | Kieselsaures Kali | Kieselsaures Kali + Chlormagnesium. | Kieselsaures Kali + schwefels. Magnesia.

Es hatte also bei diesen Versuchen auch das schwefelsaure Natrium, wenn auch nicht in dem Maße wie das Chlornatrium, die Ernte gesteigert. Im Gegensatz zu den Natronsalzen hatten die Magnesiasalze die Ernten nicht zu erhöhen vermocht (s. Abb. 11 u. 12).

Es verhalten sich aber gegen das Natrium nicht alle Pflanzen gleich. Während beim Getreide und den Rüben das Kochsalz eine sehr günstige Wirkung zeigt, ist dies bei den Kartoffeln nicht der Fall. Es zeigt dies z. B. ein vom Verfasser und D. Meyer[1]) angestellter vergleichender Vegetationsversuch mit Futterrüben und Kartoffeln:

Boden: 90 % Sand und 10 % Lößlehm.

	Futterrübenwurzeln frisch	Trockensubstanz
	g	g
Ohne Kali	188,1	19,6
Schwefelsaures Kalium	517,6	51,2
„ „ + Chlornatrium	687,1	73,2
	Kartoffelknollen	
Ohne Kali	214,3	48,6
Schwefelsaures Kalium	485,6	122,6
„ „ + Chlornatrium	438,4	104,6

Während also auch hier bei den Rüben das Chlornatrium günstig gewirkt hatte, hatte es bei den Kartoffeln negativ gewirkt.

Das Natron wird, wie wir sehen, weit mehr in dem Stroh und Blättern, als in den Körnern und Wurzeln aufgespeichert. So geht auch das durch die Düngung, speziell durch die Kochsalzdüngung, den Pflanzen zugeführte Natron hauptsächlich in das Stroh bezw. die Blätter über. Es betrug z. B. der Natrongehalt nach Versuchen von Maercker und Schneidewind:

Gerste.[2])

	Körner % Natron (Na_2O)	Stroh % Natron (Na_2O)
Volldüngung	0,08	0,60
„ + Chlornatrium	0,07	1,93

Hafer.[2])

Volldüngung	0,13	0,61
„ + Chlornatrium	0,10	1,45

[1]) Arbeiten der agrik.-chem. Versuchsstation Halle a. S., I., Landw. Jahrbücher 1904 und Sonderausgabe.

[2]) Arbeiten der D. L.-G. Heft 56, Jahrg. 1901.

Futterrüben.[1])

	Wurzeltrockensubst. % Natron (Na_2O)	Krauttrockensubst. % Natron (Na_2O)
Volldüngung	0,44	1,86
„ + Chlornatrium . . .	1,74	5,71

Wir sehen aus diesen Zahlen, daß die Körner sehr arm an Natron, das Stroh relativ reich an Natron ist und das ganze Natron der Düngung aufgenommen hat. Auch der Natrongehalt des Krautes ist durch die Düngung weit mehr gesteigert worden, als der der Wurzeln. Das Natron der Düngung speichert sich auch hier hauptsächlich in den Blättern auf. Noch weit mehr ist dies der Fall bei den hochgezüchteten Zuckerrüben, bei welchen der Natrongehalt der Wurzeln durch die Natrondüngung so gut wie nicht beeinflußt wird.

Ganz verschmäht wird das Natron von der Kartoffel. Es betrug z. B. der Natrongehalt bei den oben aufgeführten vergleichenden Versuchen mit Kartoffeln und Futterrüben:

	Kartoffel-Trockensubstanz	
	Natron (Na_2O) %	Natron (Na_2O) g
Schwefelsaures Kalium	0,03	0,04
„ „ + Chlornatrium .	0,05	0,05

	Futterrüben-Trockensubstanz	
	Natron (Na_2O) %	Natron (Na_2O) g
Schwefelsaures Kalium	0,45	0,23
„ „ + Chlornatrium .	1,39	1,02

Aus der Chlornatriumdüngung wurden im ganzen von den Wurzeln und dem Kraut der beiden Pflanzen folgende Natronmengen aufgenommen:

	Knollen bezw. Wurzeln	Kraut	Summa
	Natron (Na_2O) g	Natron (Na_2O) g	Natron (Na_2O) g
Kartoffeln	0,01	0,32	0,33
Rüben	0,79	1,41	2,20

Die Kartoffel verschmäht also im Gegensatz zu der Rübe das Natron; in den Knollen finden wir nichts von der Düngung, im Kraut nur wenig im Vergleich zu den im Kraut der Rüben vorhandenen Mengen.

Die in Frage kommenden Natronformen sind dieselben als die Kaliformen (s. diese). Praktisch am wichtigsten ist das Chlornatrium (Kochsalz), ClNa, welches sich in großen Mengen in den Staßfurter Kalisalzen befindet.

---

[1]) Arbeiten der agrik.-chem. Versuchsstation Halle a. S., III., Landw. Jahrbücher 1910 und Sonderausgabe.

g) Das Kalzium (Ca).

Das Kalzium befindet sich vorzugsweise in dem Stroh und den Blättern abgelagert, während die Körner und Wurzeln verhältnismäßig kalkarm sind. Einen besonders hohen Kalkgehalt weisen die blattreichen Pflanzen, wie z. B. die kleeartigen Gewächse, auf, die man infolgedessen auch mit Kalkpflanzen bezeichnet. Es enthalten z. B. nach Mentzel und von Lengerkes landw. Kalender:

Getreidekörner	0,05—0,16 %	Kalk	(CaO)
Getreidestroh	0,28—0,50 „	„	
Erbsen	0,09 „	„	
Ackerbohnen	0,15 „	„	
Erbsenstroh	1,82 „	„	
Ackerbohnenstroh	1,20 „	„	
Zuckerrübenwurzeln i. d. Tr.	0,24 „	„	
Zuckerrübenblätter i. d. Tr.	1,03 „	„	
Luzerne, Anfang der Blüte i. d. Tr.	2,46 „	„	
Rotklee in der Blüte i. d. Tr.	2,35 „	„	

Nach Untersuchungen von D. Meyer[1]) wurden pro Hektar von dem Getreide, den Kartoffeln, den Zuckerrüben, den Erbsen, dem Raps und der Luzerne folgende Kalkmengen dem humosen Lößlehmboden der Versuchswirtschaft Lauchstädt entnommen:

	Kalk (CaO) auf 1 ha kg
Getreide	21,9—39,4
Kartoffeln	76,0
Zuckerrüben	85,6
Erbsen	117,7
Raps	200,4
Luzerne	242,0

Demnach stellen die Getreidearten nur geringe Ansprüche an den Kalk, höhere die Erbsen, hohe der Raps und die kleeartigen Gewächse. In der Mitte stehen hinsichtlich ihres Kalkbedürfnisses die Kartoffeln und die Zuckerrüben.

Das Kalzium ist für das Pflanzenleben unentbehrlich. Der Mangel an Kalzium macht sich so früh geltend, daß nicht einmal die organische Nahrung, welche in den kalkarmen Samenkörnern angehäuft ist, völlig von der Keimpflanze verbraucht werden kann, wenn eine baldige Kalkaufnahme seitens der jungen Pflanze nicht stattfindet. Nach Schleiden, von Mohl, Liebig, Schimper und Loew soll die Aufgabe des Kalkes innerhalb der Pflanze vorzugsweise in der Neutralisation der organischen Säuren, besonders der sich in reichlichem Maße bildenden Oxalsäure, liegen. So beobachtete Schimper,

[1]) D. Meyer, Die Kalk- und Magnesiadüngung. Berlin 1910, Verlag von Paul Parey.

daß in kalkfreien Lösungen gezogene Keimlinge sich krankhaft entwickeln, während durch Zufuhr von Kalk diese Erscheinung beseitigt werden konnte. Desgleichen beobachtete Loew, daß bei chlorophyllführenden Gewächsen die giftige Wirkung der Oxalsäure und der sauren oxalsauren Salze allgemein eintrat. Auf der anderen Seite hat man beobachtet, daß die verschiedenen Pflanzen sich gegen die Oxalsäure verschieden verhalten. Während bei Versuchen von Bruch z. B. Elodea canadensis schon durch eine 0,01prozentige Lösung von Oxalsäure bezw. saurem oxalsaurem Kalk bald abstarb, konnte beim Weizen eine Menge von 0,18 g

Abb. 13.

Ohne Kalk. Kohlensaurer Kalk. 2 g CaO. Schwefelsaurer Kalk (Gips). 2 g CaO.

pro Liter nicht nur ohne Nachteil angewendet werden, sondern es wurde hierdurch das Wachstum nicht unerheblich gefördert.

Die in Frage kommenden Formen des Kalkes sind die folgenden: Kohlensaurer Kalk, CO_3Ca, saurer kohlensaurer Kalk, $(CO_3)_2CaH_2$, 3basisch phosphorsaurer Kalk, $(PO_4)_2Ca_3$, 2basisch phosphorsaurer Kalk, $(PO_4)_2Ca_2H_2$, 1basisch phosphorsaurer Kalk, $(PO_4)_2CaH_4$, salpetersaurer Kalk, $(NO_3)_2Ca$ und schwefelsaurer Kalk, SO_4Ca.

Direkt aufnehmbar von der Pflanze sind der saure kohlensaure Kalk, der salpetersaure Kalk und der 1basisch phosphorsaure Kalk (Monokalziumphosphat), welche wasserlöslich sind, und auch zum kleinen Teil der schwefelsaure Kalk, welcher sich in größeren Mengen von Wasser löst. Die anderen Salze müssen erst gelöst werden, was bei dem kohlensauren Kalk und dem Dikalziumphosphat in leichter Weise durch die Kohlensäure und die Säuren der Wurzeln geschieht; schwer löslich ist der 3basisch phosphorsaure Kalk (Trikalziumphosphat), welcher in nennenswerten Mengen erst durch die stärkeren Humussäuren in Lösung geht. Als günstigste Form ist der kohlensaure Kalk anzusprechen, da dieser im Boden eine günstige alkalische Reaktion hervorruft, wodurch das Wachstum der Pflanzen besonders gefördert wird. Diese günstige Wirkung des kohlensauren Kalkes macht sich hauptsächlich bemerkbar auf sauren Bodenarten. So fand z. B. D. Meyer[1]), daß der kohlensaure Kalk auf einem Boden mit einer Azidität von 0,05 % auf Kohlensäure berechnet, eine sehr günstige Wirkung zeigte, während auf diesem Boden der schwefelsaure Kalk eine Ertragssteigerung nicht hervorbrachte, sondern sogar hier etwas negativ wirkte:

	Trockensubstanz		
	Rotklee[2])	Senf[2])	Senf (Nachwirkung)[2])
	g	g	g
Ohne Kalk	43,0	34,7	32,7
Kohlensaurer Kalk . . .	52,2	44,4	44,3
Schwefelsaurer Kalk . .	40,2	30,2	25,7

(Siehe hierzu Versuche mit kohlensaurer Magnesia.)

Das gleiche zeigte ein mit Buchweizen ausgeführter Versuch. (S. Abb. 13.)

b) Das Magnesium (Mg).

Das Magnesium ist ebenso wie das Kalzium für die Pflanze unentbehrlich. Während der Kalk vorzugsweise in dem Stroh und den Blättern abgelagert wird und sich in den Körnern nur in Spuren befindet, finden wir die Magnesia in den Körnern in größerer Menge vor. Es enthalten z. B. nach Mentzel und von Lengerkes landw. Kalender:

	% Magnesia (MgO)
Getreidekörner	0,15—0,22
Getreidestroh	0,09—0,12

Hiernach enthalten die Körner erheblich mehr Magnesia als Kalk, während der Kalk in dem Stroh die Magnesia ganz erheblich übersteigt. Aus diesem Grunde mißt man der Magnesia eine besondere Rolle bei der Körnerbildung bei und meint, daß sie in ähnlicher Beziehung zu den Eiweißstoffen steht wie die Phosphorsäure. D. Meyer[1]) stellte z. B. bei einem mit einem magnesiaarmen Boden ausgeführten Vegetationsversuch folgende Ernten fest:

[1]) D. Meyer, Die Kalk- und Magnesiadüngung. Berlin 1910, Verlag von Paul Parey.

[2]) Ernte pro Gefäß.

	Hafer[1])	
	Körner	Stroh
	g	g
Ohne Kalk u. ohne Magnesia . .	47,8	71,7
Kohlensaurer Kalk	47,9	68,7
Kohlensaure Magnesia	51,6	68,9
Schwefelsaure Magnesia	51,2	70,4

Es waren also durch die Magnesia die Körnererträge erhöht, nicht durch den Kalk. Auf den Strohertrag hatte die Magnesia einen Einfluß nicht ausgeübt.

Die in Frage kommenden Formen der Magnesia sind die kohlensauren Salze, die phosphorsauren Salze, das salpetersaure und schwefelsaure Salz, also dieselben Formen, welche beim Kalk in Frage kamen. (Siehe diese.)

Ebenso wie wir den kohlensauren Kalk als besonders günstige Form angesprochen haben, haben wir auch die kohlensaure Magnesia als besonders günstige Form anzusprechen, da diese, ebenso wie der kohlensaure Kalk, im Boden eine schwache alkalische Beschaffenheit hervorruft, wodurch das Wachstum der Pflanzen unter Umständen in erheblichem Maße gesteigert wird. Es zeigen dies zahlreiche Versuche von D. Meyer[2]). Von diesen Versuchen mögen hier die folgenden herausgegriffen werden:

Senf. Sandiger Lehmboden.

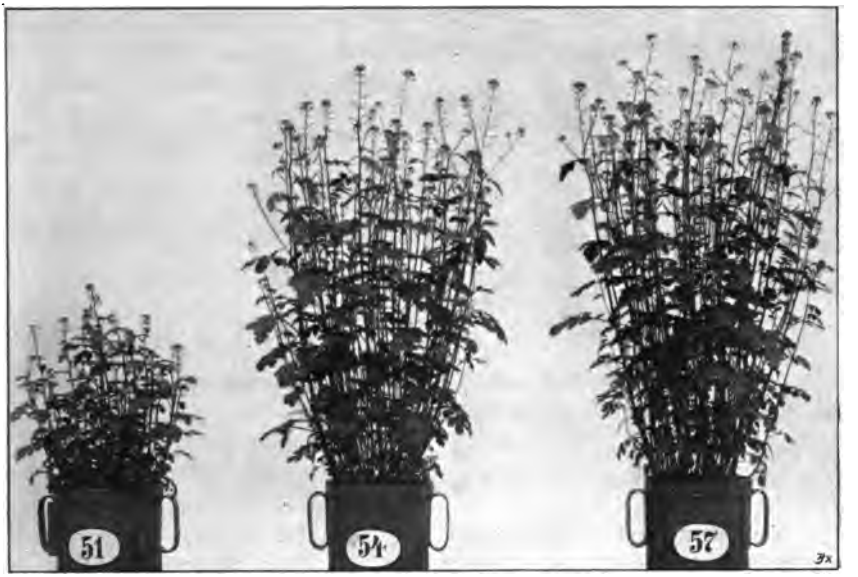
	Ernte pro Gefäß Trockensubstanz	Kalk (CaO)	Magnesia (MgO)
	g	g	g
Ohne Kalk u. ohne Magnesia	14,5	0,36	0,09
2 g Magnesia als Chlormagnesium . .	13,5	0,36	0,12
2 g „ „ schwefelsaure Magnesia	17,0	0,45	0,15
2 g „ „ kohlensaure Magnesia .	48,7	1,02	0,30
2 g „ „ zitronensaure Magnesia	50,2	1,00	0,30
2 g „ „ kohlensaurer Kalk . .	46,5	1,10	0,20

(Siehe hierzu Abb. 14.)

Diese Versuche lassen deutlich erkennen, daß wir in bezug auf die Wirkung der verschiedenen Magnesiaverbindungen zu unterscheiden haben einerseits zwischen der schwefelsauren Magnesia und dem Chlormagnesium und andererseits zwischen der kohlensauren und zitronensauren Magnesia, welch letztere voraussichtlich im Boden sehr bald in kohlensaure Magnesia übergegangen sein wird. Während das Chlormagnesium und die schwefelsaure Magnesia Ertragssteigerungen nicht hervorriefen, waren die Erträge durch die kohlensaure und die zitronensaure Magnesia erheblich gesteigert worden. In gleicher Weise günstig hatte der kohlensaure Kalk gewirkt. Kohlensaurer Kalk und kohlensaure Magnesia können sich nach dieser Richtung

[1]) Ernte pro Gefäß.

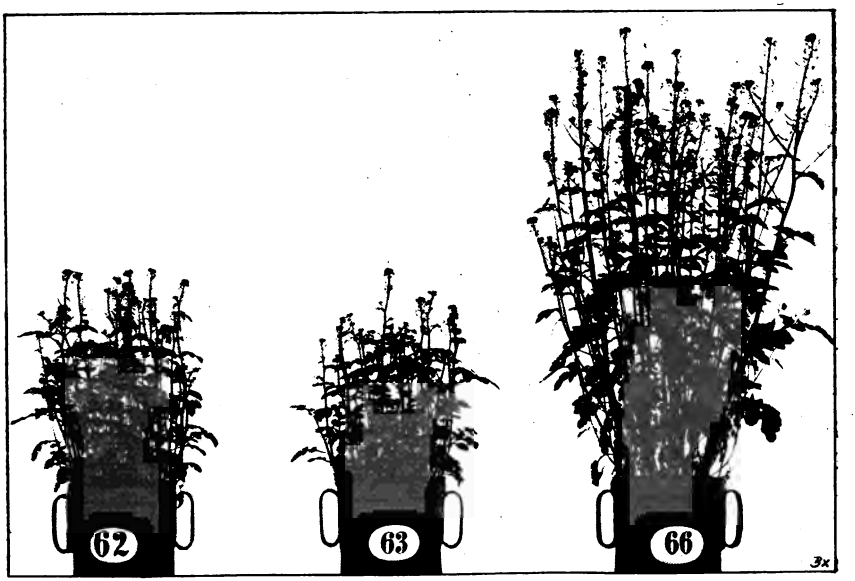
[2]) Arbeiten der agrik.-chem. Versuchsstation Halle a. S., I., Landw. Jahrbücher 1904 und Separatausgabe.



Ohne Kalk und Ohne Magnesia.

Kohlensaurer Kalk. 2 g CaO.

Kohlensaure Magnesia. 2 g MgO.



Schwefelsaure Magnesia. 2 g MgO.

Chlormagnesium. 2 g MgO.

Zitronensaure Magnesia. 2 g MgO.

Abb. 14.

hin vertreten. Es zeigen dolomitische Mergel, wie weitere Versuche von D. Meyer[1]) beweisen, dieselbe günstige Wirkung:

Pferdebohnen. Sand.

	Ernte pro Gefäß Körner	Stroh	In Körnern und Stroh CaO	MgO
	g	g	g	g
Ohne Kalk, ohne Magnesia . .	1,33	16,9	0,23	0,05
15,0 g kohlensaurer Kalk . . .	21,57	43,8	0,86	0,14
30,0 g „ „ . . .	25,78	55,5	1,19	0,19
15,0 g „ „ + 15,0 g kohlensaure Magnesia. . . .	30,12	59,4	1,05	0,46

15 g kohlensaurer Kalk und 15 g kohlensaure Magnesia hatten demnach noch etwas besser gewirkt als 30 g kohlensaurer Kalk.

1) Das Eisen (Fe).

Das Eisen ist ein regelmäßiger Bestandteil der Pflanze, findet sich aber nur in geringen Mengen in derselben vor; wir finden es vorzugsweise in den grünen Organen. Es enthalten z. B. nach Abderhalden[2]):

Getreidekörner i. d. Tr.	0,0037—0,0055	% Eisen (Fe)
Kohl (etiol. Blätter) i. d. Tr.	0,0045	„ „
Kohl (hellgrüne Blätter) i. d. Tr.	0,0056	„ „
Kohl (äußere dunkelgrüne Blätter) i. d. Tr.	0,017—0,038	„ „
Spinat i. d. Tr.	0,033—0,039	„ „

Demnach finden wir das Eisen in etwas größeren Mengen nur in den grünen Teilen der Pflanze, wo es auch bei der Chlorophyllbildung eine wichtige Rolle spielt. Bei Ausschluß von Eisen findet, wie Versuche ergaben, eine mangelhafte Ausbildung der Chlorophyllkörner statt, die unter solchen Umständen keine grüne Farbe annehmen (Chlorose). In welcher Weise das Eisen seine Wirkung auf die Chlorophyllbildung ausübt, ist unaufgeklärt, da nach neueren Untersuchungen der Chlorophyllfarbstoff eisenfrei ist. Jedenfalls haben wir das Eisen als unentbehrlich für das Pflanzenleben anzusprechen.

Als günstige Form kommen die Oxydsalze des Eisens in Frage. Kleinere Mengen von Oxydulsalzen sind unschädlich und werden auch bald im Boden in Oxydsalze umgewandelt, während größere Mengen von Oxydulsalzen, besonders

---

[1]) Arbeiten der agrik.-chem. Versuchsstation Halle a. S., I., Landw. Jahrbücher 1904 und Separatausgabe.

[2]) Lehrbuch der physiologischen Chemie. Berlin u. Wien, Verlag von Urban & Schwarzenberg; v. Bunge, Der Kalk- und Eisengehalt unserer Nahrung. Zeitschrift für Biologie, Bd. 45, 1901.

in schlecht durchlüfteten Böden, schädlich wirken können. Praktisch spielt das Eisen bei der Ernährung der Pflanze keine Rolle, da der Bedarf der Pflanze an Eisen sehr gering ist, alle Böden genügende Mengen von Eisen aufweisen und auch durch verschiedene Düngemittel das Eisen dem Boden unbeabsichtigt zugeführt wird.

Die chemische Zusammensetzung der Pflanze und das Maximum der Produktion.

Die Pflanze besteht: 1. Aus Wasser. 2. Aus den unverbrennlichen Mineralstoffen (Asche). 3. Aus organischen Stoffen.

1. Der Wassergehalt.

Dieser übertrifft in der wachsenden grünen Pflanze der Menge nach alle anderen Bestandteile. Die grüne wachsende Pflanze besteht zu 75—85 % aus Wasser (s. Seite 31).

2. Der Aschengehalt.

Unter Asche verstehen wir den unverbrennlichen Teil der Pflanze. Bei höherer Temperatur verflüchtigt sich das Wasser, beim Glühen verbrennt die organische Substanz, wobei auch der Stickstoff in Form von freiem Stickstoff oder in Form von flüchtigen Stickstoffverbindungen entweicht, während die Mineralstoffe, welche wir im letzten Abschnitt kennen lernten, als Asche zurückbleiben. Der Aschengehalt der Pflanze ist verhältnismäßig gering; er bewegt sich mit wenigen Ausnahmen zwischen 0,5—2,0 % der grünen, wasserreichen Pflanze, entsprechend etwa 2—8 % der Trockensubstanz (s. Tabellen in Mentzel und von Lengerkes landw. Kalender).

3. Der Gehalt an organischen Stoffen.

Die organischen Stoffe bilden den Hauptteil der Trockensubstanz und stellen den Energiewert der produzierten Pflanzensubstanz dar. Es kann hier nicht Aufgabe sein, sämtliche sich in der Pflanze vorfindenden organischen Körper aufzuführen und zu beschreiben. Es sollen nur die wichtigsten dieser Stoffe hier genannt werden. Mit einer näheren Beschreibung aller dieser Körper beschäftigen sich andere Bücher, so z. B. „Die Pflanzenchemie" von H. Euler. Braunschweig, Verlag von Vieweg & Sohn.

Der Einfachheit wegen wollen wir folgende Einteilung der organischen Stoffe wählen.

A. Stickstofffreie Stoffe.
   a) Kohlehydrate.
   b) Den Kohlehydraten nahestehende Körper.
   c) Fette und Öle.

B. Stickstoffhaltige Stoffe.
   a) Eiweißstoffe.
   b) Amine und Aminosäuren (Amide).
   c) Alkaloide.

A. Die stickstofffreien Stoffe.

a) Die Kohlehydrate.

Unter Kohlehydraten im engeren Sinne verstehen wir Verbindungen mit 6 oder einem Mehrfachen von 6 Atomen Kohlenstoff, in welchen das Verhältnis von Wasserstoff und Sauerstoff dasselbe ist wie im Wasser (H_2O), 2:1. Wir unterscheiden Monosaccharide, Körper, welche die Gruppe mit 6 Atomen Kohlenstoff nur einmal enthalten, Disaccharide, welche diese Gruppe zweimal, Trisaccharide, welche sie dreimal und Polysaccharide, welche sie vielfach enthalten.

Die Kohlehydrate überwiegen ganz erheblich alle anderen organischen Stoffe; etwa $^4/_5$ der organischen Trockensubstanz besteht durchschnittlich aus Kohlehydraten.

Die Monosaccharide. $C_6H_{12}O_6$.

Monosaccharide, auch Hexosen oder Glukosen genannt, sind der Traubenzucker (Dextrose) und der Fruchtzucker (Lävulose), beide leicht löslich in Wasser. Der Traubenzucker kristallisiert leicht und dreht die Polarisationsebene nach rechts. Der Fruchtzucker kristallisiert schwer und dreht die Polarisationsebene nach links. Beide Zuckerarten kommen in der Pflanze nebeneinander vor und finden sich in größerer Menge abgelagert in den süßen Früchten. Den Traubenzucker haben wir kennen gelernt als Assimilationsprodukt, als die Muttersubstanz aller anderen Bildungen. Aus ihm entstehen, wie wir sahen, durch Kondensation das Stärkemehl, die Zellulose und andere hochmolekulare Verbindungen, durch Reduktion die Fette, durch Oxydation die organischen Säuren, durch Zusammentritt mit stickstoffhaltigen Gruppen die Eiweißkörper. Umgekehrt kann aus diesen Körpern, speziell aus der Stärke, wieder eine Rückbildung des Traubenzuckers erfolgen, welche je nach dem Bedarf der Pflanze wieder in den Stoffwechsel hineingezogen wird. Der Traubenzucker ist somit für das Pflanzenleben, so wie dies auch bei dem Tierleben der Fall ist, von hoher Bedeutung.

Die Disaccharide. $C_{12}H_{22}O_{11}$.

Disaccharide sind der Rohrzucker und die Maltose; die anderen noch existierenden Disaccharide, wie z. B. der Milchzucker, kommen in der Pflanze nicht oder nur in sehr geringer Menge vor. Der Rohrzucker findet sich in großer Menge vor in den Zuckerrüben, den Futterrüben, den Möhren und dem Zuckerrohr. Es enthalten:

Zuckerrüben (Neuzüchtungen) . .	15—20 % Zucker u. darüber
Futterrüben, je nach Sorte . .	7—12 „ „
Zuckerrohr	15—17 „ „

Der Rohrzucker ist ein leicht löslicher, kristallisierender Körper, spaltet sich beim Erhitzen mit schwachen Säuren oder durch die Einwirkung von Enzymen in 1 Mol. Traubenzucker und 1 Mol. Fruchtzucker (Invertzucker) und dreht die Polarisationsebene nach rechts. Die Maltose findet sich in geringerer Menge in der Pflanze vor. Sie entsteht aus Stärke und Dextrin durch Einwirkung von

verdünnten Säuren und Enzymen und wird durch dieselben dann weiter in 2 Mol. Traubenzucker gespalten.

Der Energiewert[1]) des Rohrzuckers ist 3955 cal, der der Maltose 3949 cal.

Die Trisaccharide.

Als Trisaccharid ist von der Formel $C_{18}H_{32}O_{16}$ die Raffinose zu nennen, welche in kleineren Mengen in den Baumwollsamen, der Zuckerrübe und den Keimlingen der Getreidearten vorkommt.

Die Polysaccharide $(C_6H_{10}O_5)x$.

Polysaccharide, welche die Gruppe $C_6H_{10}O_5$ vielfach enthalten, aber verschieden vielfach, sind die Dextrine, das Stärkemehl, das Inulin, die Galactane, die Mannane, die Pektinstoffe (Schleimstoffe) und die Gummiarten.

Die Dextrine bilden sich als Zwischenprodukte bei der Überführung von Stärke in Zucker und kommen deshalb in der Pflanze nur in kleineren Mengen vor und zwar überall da, wo die Stärke der Zuckerbildung entgegengeführt wird. Sie sind in Wasser löslich.

Die Stärke. Diese ist das verbreitetste aller Kohlehydrate und kommt in besonders großen Mengen in den Samen der Getreidearten, in den Samen der Leguminosen und den Kartoffeln vor. Es enthalten durchschnittlich:[2])

Weizen	65 % Stärke	Mais	60 % Stärke
Roggen	63 „ „	Reis	75 „ „
Gerste	60 „ „	Erbsen	36 „ „
Hafer	53 „ „	Kartoffeln, frisch . . .	18 „ „
Buchweizen	56 „ „	„ i. d. Tr. . .	75 „ „

Das Stärkemehl wird durch Jodlösung blau gefärbt, ist in Wasser vollständig unlöslich, quillt in heißem Wasser zu Kleister auf, welcher unter stärkerem Druck in Dextrine übergeht. Durch Enzyme wird es in Maltose verwandelt, welch letztere durch andere Enzyme weiter in Traubenzucker verwandelt wird.

Der Energiewert des Stärkemehls ist 4183 cal.

Das Inulin ist dem Stärkemehl sehr ähnlich, ist aber in Wasser löslich. Es kommt nur in bestimmten Pflanzenfamilien vor und findet sich in großer Menge in den Topinamburknollen und den Cichorien vor. Im Gegensatz zu dem Stärkemehl liefert es beim Behandeln mit verdünnten Säuren und durch Einwirkung bestimmter Enzyme Fruchtzucker.

Die Galactane und Mannane sind gummiartige Verbindungen und finden sich in den Zellwandungen, die Galactane auch in den Samen der Leguminosen vor.

Die Pektinstoffe und Gummiarten zeichnen sich aus durch starke Quellbarkeit im Wasser und sind ebenfalls Bestandteile der Zellwandungen,

[1]) auf 1 g.

[2]) Maercker-Delbrück, Handbuch der Spiritusfabrikation. Berlin, Verlag von Paul Parey.

finden sich auch im Rübenkraut, in vielen Beerensäften und einzelnen Samen vor. Hierher gehört auch das Arabin (Arabischer Gummi).

Die Zellulose. Diese ist der wichtigste Bestandteil der Zellwandung und kommt in besonders großen Mengen in den Rauhfutterstoffen vor, während sie in den Körner- und Wurzelfrüchten sich in geringerer Menge vorfindet. Die Zellulose zeichnet sich durch große Widerstandsfähigkeit gegen die meisten Chemikalien aus, unzersetzt löst sie sich nur in Kupferoxydammoniak und kann aus dieser Lösung durch Alkohol wieder ausgefällt werden. Bei der Hydrolyse entsteht schließlich Glukose. Die Zellulose findet sich in der Pflanze engvergesellschaftet mit anderen ähnlichen Körpern vor, vorzugsweise mit Pentosanen und inkrustierenden Bestandteilen, von welchen sie quantitativ nicht oder nur schwer zu trennen ist. Die sogenannte Rohfaser stellt nicht reine Zellulose vor, sondern sie enthält neben der Zellulose noch den widerstandsfähigeren Teil der Pentosane und der inkrustierenden Bestandteile, welcher sich in verdünnter Kalilauge und verdünnter Schwefelsäure nicht löst. Es enthalten nach Mentzel und von Lengerkes landw. Kalender:

Wiesenheu (gutes)	26,3 %	Rohfaser
Rotkleeheu (gutes)	24,0 „	„
Luzerneheu vor der Blüte	27,0 „	„
Haferstroh	28,7 „	„
Gerstenstroh	39,5 „	„
Weizenstroh	40,8 „	„
Roggenstroh	44,0 „	„
Haferkörner	10,3 „	„
Gerstenkörner	3,9 „	„
Weizenkörner	1,9 „	„
Roggenkörner	1,9 „	„
Mais	2,2 „	„
Kartoffeln	0,7 „	„
Futterrüben	0,9 „	„

Demnach enthalten die Rauhfutterstoffe, besonders die Stroharten, außerordentlich große Mengen von Rohfaser, während die Körner- und Wurzelfrüchte sehr arm an Rohfaser sind.

Der Energiewert der Rohfaser ist 4183 cal, also gleich dem der Stärke.

b) Den Kohlehydraten nahestehende Körper.

Zu diesen wollen wir rechnen die Pentosane, die inkrustierenden Bestandteile und auch die organischen Säuren, wenn auch letztere sich in chemischer Beziehung von den Kohlehydraten sehr entfernen.

Die Pentosane. Diese sind aufzufassen als Kondensationsprodukte der Pentosen ($C_5H_{10}O_5$)[1]. Sie stehen zu den letzteren in derselben Beziehung wie

[1]) Formel der Arabinose.

das hochmolekulare Stärkemehl zum Traubenzucker (Dextrose). Die Pentosane sind stete Begleiter der Zellulose und finden sich deshalb in größerer Menge neben der Zellulose in den Rauhfutterstoffen vor. Sie sind in Wasser vollständig unlöslich.

Die inkrustierenden Bestandteile (Lignin und Kutin). Diese begleiten ebenso wie die Pentosane die Zellulose und kommen ebenso wie jene neben der Zellulose in größeren Mengen in den Rauhfutterstoffen vor. Sie sind kohlenstoffreicher als die Zellulose und vollständig unverdaulich.

Die organischen Säuren. Diese unterscheiden sich, wie schon gesagt, chemisch wesentlich von den Kohlehydraten, sollen aber, um nicht noch eine neue Gruppe zu bilden, hier genannt werden, zumal sie in den Pflanzen in sehr geringer Menge vorkommen. Die hauptsächlich in den Pflanzen vorkommenden Säuren sind Äpfelsäure $C_4H_6O_5$, Zitronensäure $C_6H_8O_7$, Weinsäure $C_4H_6O_6$, Oxalsäure $C_2H_2O_4$, während Milchsäure, Buttersäure und Essigsäure sich in nennenswerten Mengen erst beim Einsäuern der Futterpflanzen bilden. Die organischen Säuren sind in der Pflanze durch Oxydation der Kohlehydrate entstanden und weisen deshalb einen weit geringeren Energiewert auf als die letzteren. Beträgt der Energiewert bei dem Stärkemehl **4183** cal, so beträgt derselbe bei der Äpfelsäure **2490** cal, bei der Zitronensäure **2485** cal, bei der Weinsäure **1759** cal.

In der Futtermittelanalyse unterscheidet man stickstofffreie Extraktstoffe und Rohfaser. Zu den ersteren gehören alle Kohlehydrate und kohlehydratähnliche Körper, welche sich in verdünnter Kalilauge und verdünnter Schwefelsäure lösen, zu der Rohfaser die Zellulose und der in verdünnter Kalilauge und verdünnter Schwefelsäure nicht lösliche Teil der Pentosane und der inkrustierenden Bestandteile.

c) Die Fette und Öle.

Die Fette und Öle sind esterartige Verbindungen des Glyzerins, eines dreiwertigen Alkohols, mit Fettsäuren, von welchen die Palmitinsäure, die Stearinsäure und die Ölsäure vorherrschen. Die Fette kommen in der Pflanze niemals als alleiniges Palmitinfett $C_3H_5(C_{16}H_{31}O_2)_3$ oder alleiniges Stearinfett $C_3H_5(C_{18}H_{35}O_2)_3$ oder alleiniges Oleinfett $C_3H_5(C_{18}H_{33}O_2)_3$ vor, sondern stellen stets Gemische derselben dar. Herrscht das Palmitinfett und Stearinfett vor, so haben wir es mit festen Fetten zu tun, herrscht das Oleinfett vor, mit flüssigen (Ölen). Neben diesen neutralen Fetten kommen in der Pflanze auch freie Fettsäuren vor und als regelmäßiger Bestandteil der Fette auch das den Fetten sehr nahestehende Lecithin, eine stickstoff- und phosphorsäurehaltige, esterartige Verbindung, und die sogenannten Cholesterine. Die aus den Pflanzen ausgepreßten oder mit Lösungsmittel (Äther) extrahierten Fette enthalten auch noch Wachsarten und Farbstoffe, von welch letzteren das Chlorophyll vorherrscht. Sehr reine Fette enthalten die Körner, während das aus den grünen Pflanzen und den Rauhfutterstoffen auf gewöhnlichem Wege erhaltene Fett reich ist an unverdaulichen Wachsarten und Chlorophyll.

Die Fette und Öle sind sehr wertvolle Bestandteile der Pflanze, sie weisen von allen Bestandteilen den höchsten Energiewert auf. Beträgt der Energiewert bei dem Stärkemehl 4183 cal, der des Rohrzuckers 3955 cal, so beträgt der Energiewert des Fettes 9431 cal, ist also über doppelt so groß, als der der Kohlehydrate.

Der Fettgehalt der Pflanzen und der einzelnen Pflanzenteile ist sehr verschieden. Höhere Mengen von Fett enthalten die Samen, besonders die Ölsamen; fettarm sind das Stroh und die Wurzelfrüchte. Es enthalten nach Mentzel und von Lengerkes landw. Kalender:

Gras (grün)	0,8 %	Rohfett
Rotklee (grün)	0,7 „	„
Wiesenheu (gutes)	2,5 „	„
Rotkleeheu (gutes)	2,9 „	„
Gerstenstroh	1,4 „	„
Haferstroh	1,6 „	„
Kartoffeln	0,1 „	„
Futterrüben	0,1 „	„
Gerstenkörner	2,1 „	„
Haferkörner	4,8 „	„
Lupinen (gelbe)	4,4 „	„
Mais	4,4 „	„
Baumwollsamen	25,8 „	„
Leinsamen	36,5 „	„
Rapssamen	45,0 „	„

Hierbei ist zu bemerken, daß das Rohfett grüner Pflanzen, des Heues und des Strohes reich ist an unverdaulichen Wachsarten und Chlorophyll, während das Rohfett der Körner fast nur aus reinen Fetten besteht.

B. Die stickstoffhaltigen Stoffe.

a) Die Eiweißstoffe (Proteine).

Diese sind von den stickstoffhaltigen Stoffen die bei weitem wichtigsten. Ihr Energiewert ist 5711 cal[1]). Demnach ist derselbe größer wie der der Kohlehydrate, aber erheblich geringer wie der der Fette. Hiernach aber allein den Wert der Eiweißstoffe bemessen zu wollen, wäre falsch, da die Eiweißstoffe im tierischen Organismus nicht nur Fett, Wärme und Kraft erzeugen, sondern noch andere Funktionen (Fleischbildung, Milcherzeugung, Unterhaltung des Stoffwechsels) zu erfüllen haben, die alle andern Substanzen nicht zu erfüllen vermögen. Es gibt eine große Anzahl von Eiweißkörpern, die man in Ermangelung einer genauen Kenntnis ihrer Konstitution folgendermaßen einteilen kann:

---

[1]) Mittel der Verbrennungen von Berthelot und Stohmann.

1. Albumine. Löslich in Wasser, in allen Pflanzen und Pflanzenteilen verbreitet.

2. Globuline. Unlöslich in Wasser, löslich in verdünnten neutralen Salzlösungen, im Protoplasma der Zelle, Hauptbestandteil der Eiweißstoffe der Samen und Früchte.

3. Fibrine. Unlöslich in Wasser und neutralen Salzlösungen, zum Teil löslich in Alkohol, Hauptbestandteil des Weizenklebers (Kleberproteinstoffe).

4. Nukleoalbumine. Phosphorsäurehaltig, Säurecharakter, im Protoplasma der Zelle speziell im Zellkern.

5. Proteide[1]). Kompliziert zusammengesetzte Eiweißstoffe, im Protoplasma der Zelle speziell auch im Zellkern.

6. Denaturierte Eiweißstoffe[1]) (Peptone und Albumosen). Löslich in Wasser. Zwischenprodukte bei der Hydrolyse der Eiweißkörper, wandernde Form der Eiweißstoffe in der Pflanze.

7. Enzyme.[1]) Löslich in Wasser. Aktive Modifikationen der Eiweißkörper.

Die letzte Gruppe, die Enzyme, sind uns in ihrer chemischen Zusammensetzung gar nicht bekannt. Die Enzyme sind in den Pflanzen weit verbreitet; sie kommen aber immer nur in sehr kleinen Mengen vor und nie einzeln, sondern immer nebeneinander. Wir kennen die Enzyme aber in ihren Wirkungen, welche für das Pflanzenleben von großer Bedeutung sind. Sehr kleine Mengen solcher Enzyme rufen große Wirkungen hervor, und zwar je nach der Art des Enzyms nach verschiedener Richtung. Wir unterscheiden folgende Enzyme:

Kohlehydratenzyme. Solche sind Diastase, Maltase, Glukase und Invertase; Diastase baut Stärke ab zu Dextrinen und Maltose; Maltase verwandelt Maltose in Dextrose; Glukase baut Stärke bis zu Dextrose ab; Invertase spaltet Rohrzucker in Dextrose und Lävulose.

Eiweißabbauende (proteolytische). Solche sind die peptischen und tryptischen Enzyme. Die ersteren bauen die Eiweißkörper bis zu Peptonen und Albumosen ab, die letzteren spalten sie bis zu Amiden.

Fettspaltende (Lipasen). Diese spalten Fett in Glyzerin und Fettsäuren.

Oxydierende (Oxydasen). Diese übertragen den Sauerstoff der Luft auf andere organische Stoffe.

Außer diesen Enzymen gibt es noch andere, welche aber eine geringere Bedeutung haben.

Trotz der großen Mannigfaltigkeit der Eiweißstoffe haben alle Eiweißstoffe fast dieselbe chemische Zusammensetzung. Diese schwankt nach Kellner innerhalb folgender Grenzen:

Kohlenstoff . . .	50,6—55,2 %	Schwefel . . .	0,3— 2,3 %
Wasserstoff . . .	6,5— 7,3 „	Phosphor . . .	0,0— 0,9 „ [2])
Stickstoff . . .	15,0—18,4 „	Sauerstoff . . .	20,8—23,6 „

[1]) Keine eigentlichen Eiweißstoffe.

[2]) Kellner gibt als Minimum 0,4 % Phosphor an, während nach andern Angaben viele Eiweißstoffe Phosphor nicht enthalten.

Für die mittlere Zusammensetzung sind meistens die folgenden Zahlen in Geltung:

Kohlenstoff	52 %
Wasserstoff	7 „
Stickstoff	16 „
Schwefel	2 „
Sauerstoff	23 „

Hiernach enthalten die Eiweißstoffe durchschnittlich 16 % Stickstoff, so daß man den leicht zu ermittelnden Stickstoffgehalt nur mit dem Faktor 6,25 zu multiplizieren hat, um den Eiweißgehalt zu ermitteln.

Der Gehalt der Pflanzen und der einzelnen Pflanzenteile an Rohprotein, welches die nachfolgenden Amide einschließt, ist ein sehr verschiedener. Größere Mengen von Eiweiß und zwar von reinem Eiweiß enthalten die Körner, besonders die Körner der Leguminosen. Es enthalten z. B. nach Mentzel und von Lengerkes landw. Kalender:

Gras (grün)	3,0	% Rohprotein
Rotklee (Beginn der Blüte)	3,4	„ „
Wiesenheu (gutes)	9,7	„ „
Rotkleeheu (gutes)	13,5	„ „
Getreidestroh	2,7—6,5	„ „
Kartoffeln	2,1	„ „
Futterrüben	1,2	„ „
Getreidekörner	8,2—14,5	„ „
Erbsen	22,5	„ „
Ackerbohnen	25,4	„ „
Lupinen (gelbe)	38,3	„ „

Reich an Amiden (siehe b) ist das Rohprotein der grünen Pflanzen und der Wurzelfrüchte, während die reifen Pflanzen und die reifen Pflanzenteile nur sehr wenig Amide enthalten. Die reinen Eiweißstoffe haben andererseits in den verschiedenen Pflanzenteilen einen sehr verschiedenen Wert. Während die Eiweißstoffe unserer Körnerfrüchte eine hohe Verdaulichkeit aufweisen, enthalten die Eiweißstoffe der Rauhfuttermittel große Mengen von unverdaulichen Nukleinen.

b) Die Amine und Aminosäuren (Amide).

Diese Körper sind einerseits aufzufassen als Produkte des Eiweißzerfalls, andererseits als Zwischenprodukte der stickstoffhaltigen Nährstoffe der Pflanze (Salpeter, Ammoniak) und der aus diesen sich bildenden Eiweißkörper. Aus diesem Grunde sind junge Pflanzen reich an Amiden, ältere Pflanzen und Pflanzenteile (reife Körner und reifes Stroh) arm an Amiden. Reich an Amiden sind auch die wasserreichen stark produzierenden Wurzelfrüchte (Rüben, Kartoffeln usw.). Die wichtigsten Amide sind Cholin, Betain, Xanthin, Hypoxanthin, Guanin, Vernin, Leucin, Asparagin, Glutamin, Tyrosin und einige andere. Am verbreitetsten sind wohl Asparagin und Glutamin.

e) Alkaloide.

Unter diesen versteht man organische Pflanzenbasen. Die meisten Alkaloide zeigen giftige Eigenschaften. Hierher gehören das Coniin des Schierlings, das Nikotin des Tabaks, das Lupinin der Lupine, das Chinin der Chinarinde, das Strychnin der Strychnospflanze, das Solanin der Kartoffelkeime, das Colchicin der Herbstzeitlose, das Ricinin der Rizinussamen u. a. Diese sind meist Giftstoffe für den tierischen Organismus.

Das Maximum der Produktion von organischer Substanz.

Die Höhe der Produktion von organischer Substanz hängt ab von dem Boden, dem Klima, der Düngung und der Art der gebildeten organischen Stoffe. Je höher der Energiewert der gebildeten Stoffe, desto geringer ist die erzeugte Erntemasse; je geringer der Energiewert der gebildeten Stoffe, desto höher ist die erzeugte Erntemasse. Mit den vorzugsweise Kohlehydrate produzierenden Pflanzen erntet man mehr als mit den Ölpflanzen, da die Bildung gleicher Mengen von Fett (Öl) den Pflanzen einen größeren Energieaufwand verursacht, als die Bildung gleicher Mengen von Kohlehydraten. Adolf Mayer gibt in seinem Lehrbuch für die vorzugsweise Kohlehydrate produzierenden Pflanzen als Maximum der Produktion von organischer Substanz für die gemäßigte Zone 100 dz von organischer Substanz pro Hektar an, gleichgültig, welche Pflanze angebaut wird. Nach den Ermittlungen des Verfassers trifft dies im großen und ganzen zu für die Getreidearten und die Kartoffeln, nicht aber für die Rüben. Die Rüben sind weit leistungsfähiger, sie erzeugen unter günstigsten Verhältnissen fast doppelt soviel an organischer Substanz, wie das Getreide und die Kartoffeln. Es wurden z. B. bei den statischen Versuchen auf dem humosen Lößlehmboden der Versuchswirtschaft Lauchstädt folgende Ernten[1]) und folgende Mengen von aschefreier organischer Substanz pro Hektar gewonnen.

Weizen.

	Körner bezw. Wurzeln		Stroh bezw. Kraut		Summa
	Ertrag dz	Aschefreie organische Substanz dz	Ertrag frisch dz	Aschefreie organische Substanz dz	Aschefreie organische Substanz dz
Durchschnitt von 7 Jahren . .	38,2	32,1	79,5	64,2	**96,3**
Höchste Ernte { Höchste Körnerernte .	44,9	37,7	75,7	61,2	**98,9**
Höchste Strohernte .	39,5	33,2	106,5	86,1	**119,3**
Kartoffeln.					
Durchschnitt von 7 Jahren . .	259,3	57,5	—	25,5	**83,0**
Höchste Ernte	311,6	69,8	—	25,5	**95,3**
Zuckerrüben.					
Durchschnitt von 7 Jahren . .	436,3	109,2	369,7	41,2	**150,4**
Höchste Ernte	590,0	136,7	567,2	51,1	**187,8**

[1]) Bericht VII der Versuchswirtschaft Lauchstädt, Landw. Jahrbücher 1910 und Sonderausgabe. Berlin, Verlag von Paul Parey.

Von dem Weizen und den Kartoffeln wurden demnach ungefähr 100 dz aschefreie organische Trockensubstanz pro Hektar erzeugt; bei dem Weizen ist diese Erntemasse nur wenig überschritten. Dagegen hatten die Rüben erheblich mehr organische Substanz produziert. Im Mittel von 7 Jahren, unter welchen auch weniger ertragreiche Jahre zu verzeichnen waren, wurden 150,4, in maximo 187,8 dz aschefreie organische Trockensubstanz erzeugt. In den höchsten Zuckerrübenernten steckten allein 102,7 dz Zucker pro Hektar. Ungefähr gleiche Mengen von organischer Trockensubstanz vermögen die Futterrüben zu erzeugen.

Zweiter Teil.

Der Boden.

Unter Boden verstehen wir die obere Verwitterungsschicht der festen Erdrinde, soweit dieselbe fähig ist, Pflanzen zu erzeugen. Als Standort und Rohmaterialquelle für unsere Kulturpflanzen stellt er die Grundlage für die Pflanzenproduktion dar. Bei den Ackerböden unterscheidet man Ackerkrume und Untergrund und versteht unter Ackerkrume im landwirtschaftlichen Sinne die oberste Bodenschicht, soweit dieselbe bearbeitet und gedüngt wird, unter Untergrund die unmittelbar darunter liegende Schicht, soweit dieselbe noch imstande ist, die Pflanzen mit Nährstoffen, insbesondere mit Wasser, zu versorgen. Das feste Gestein unserer Erdoberfläche, aus dem der Boden hervorgegangen ist und weiter hervorgeht, kann der höheren Pflanze weder einen geeigneten Standort, noch eine Nährstoffquelle bieten; es mußte, um beide Bedingungen zu erfüllen, erst in feinkörnige Aggregate umgewandelt werden. Das ist geschehen und geschieht weiter durch eine Reihe von physikalischen, chemischen und biologischen Vorgängen, welche meist gleichzeitig in Wirkung treten. Unter dem Einfluß dieser Naturkräfte sind die mannigfaltigsten Bodenarten entstanden und weitere Veränderungen erfährt der Boden durch das Eingreifen menschlicher Tätigkeit. Es kann hier nicht Aufgabe sein, ein ausführliches Werk über die vielseitige Bodenkunde zu schreiben. Wir haben eine Reihe vorzüglicher Lehrbücher über die Bodenkunde, in welchen mehr oder weniger die eine oder andere Seite eine ausführliche Behandlung erfahren hat. Es soll die Bodenkunde hier in kurzer Form und zwar hauptsächlich vom agrikulturchemischen Standpunkte aus behandelt werden. Wir wollen dieselbe in folgende 3 Kapitel einteilen:

I. Kapitel. Die Bestandteile der festen Erdrinde.
II. Kapitel. Die Bodenbildung.
III. Kapitel. Die verschiedenen Bodenarten, ihre Eigenschaften und Umwandlungen durch menschliches Eingreifen.

Erstes Kapitel.

Die Bestandteile der festen Erdrinde.

In der Entwicklungsgeschichte unserer Erdoberfläche unterscheiden wir verschiedene Perioden und als Untergruppen wieder eine Reihe von verschiedenen Gesteinsschichtengruppen „Geologische Formationen". Viele dieser Gesteinsschichtengruppen sind später nochmals durch glutflüssige Massen aus dem Erdinnern durchbrochen worden, welch letztere die Eruptivgesteine bilden. Die Dauer der einzelnen Bildungen kann nicht nach Jahrhunderten oder Jahrtausenden bestimmt werden, wohl aber steht ihr relatives Alter fest. Zwar wurden in jeder Periode Gerölle, Sandsteine, Tone, Kalke, Kohlen und oft auch Salzlager aufgeschichtet, so daß man solchen Gesteinen nicht ohne weiteres ansehen kann, in welcher Periode sie gebildet wurden, wohl läßt sich aber das relative Alter der Formationen erkennen in den pflanzlichen und tierischen Resten (Leitfossilien), welche sich in den Gesteinsschichten noch vorfinden. Jede Formation ist ein langer Zeitabschnitt, in welcher immer eine besondere Tier- und Pflanzenwelt lebte, welche sich sowohl von der Lebewelt der früheren Epoche, sowie der darauf folgenden scharf unterscheiden läßt. Da immer andere Tier- und Pflanzenarten lebten, deren Überreste in den Gesteinen eingebettet wurden, können wir in den betreffenden Versteinerungen oder anderen Resten erkennen, in welcher Periode die Gesteinsschicht gebildet wurde. Man pflegt die geologische Erdgeschichte in 4 große Zeitabschnitte (Perioden) einzuteilen, welche jede wieder aus einer Anzahl von Formationen zusammengesetzt ist:

(Siehe Tab. S. 141.)

Die einzelnen Abschnitte sind auf die verschiedenste Weise zu ihrem Namen gekommen. Diluvium ist ein uraltes Wort, mit dem man die Sintflut bezeichnete, jetzt wird es oft nur im Sinne der „Eiszeit" gebraucht. Tertiär bezeichnet ursprünglich den „dritten" Hauptabschnitt, jetzt den zehnten der Erdgeschichte. Kreide, nach der in ihrem Schlußabschnitt gebildeten Schreibkreide genannt. Jura, nach seiner Verbreitung im Juragebirge. Trias, die Dreigeteilte, weil sie in Deutschland aus Buntsandstein, Muschelkalk und Keuper besteht. Perm, nach seiner Verbreitung in der gleichnamigen russischen Provinz, oft auch Dyas genannt, weil es aus zwei Unterabteilungen (Rotliegendes und Zechstein) besteht. Karbon wegen der darin häufigen Steinkohlen, Devon, nach der südenglischen Landschaft Devonshire, Silur, nach den Siluren, einem alten Volksstamm in Wales, Cambrium, nach dem alten Namen dieser Provinz, Algonkium, nach einem nordamerikanischen Indianerstamm genannt.

Die Bezeichnungen, welche den Namen eines Gesteins führen, können zu Irrtümern führen insofern, als man annehmen könnte, daß die betreffenden Formationen nur das Gestein enthielten, nach welchem sie benannt worden sind. Dies ist nicht der Fall. Die Kreideformation besteht nicht ganz und gar aus Kreide, die Steinkohlenformation nicht allein aus Kohle, die Buntsandsteinformation nicht nur aus Sandstein, sondern es kommen in der Kreideformation auch Sand-

Geologische Formationen (von unten nach oben):

Gruppe		Formation	Unterabteilungen
IV. Neuzeit	Kaenozoische Formationsgruppe	12. Alluvium	Heutige Bildungen
		11. Diluvium (Eiszeit)	Postglacial III Glacial 2. Interglacial II Glacial 1. Interglacial I Glacial
		10. Tertiär	Pliocän Miocän Oligocän Eocän
III. Mittelalter	Mesozoische Formationsgruppe	9. Kreide	Senon Turon oder oberer Pläner Cenoman oder unterer Pläner Gault Neocom
		8. Jura	Weißer Jura oder Malm Brauner Jura oder Dogger Schwarzer Jura oder Lias
		7. Trias	Keuper Muschelkalk Buntsandstein
II. Altertum	Palaeozoische Formationsgruppe	6. Dyas oder Perm	Zechstein (Kalisalze) Rotliegendes
		5. Carbon- oder Steinkohlenformation	Produktive Kohle Untere Kohle (Culm), Kohlenkalk
		4. Devon	Ober- Mittel- Unter-
		3. Silur	Ober- Unter-
		2. Cambrium	
		1. Präcambrium oder Algonkium	
I. Urzeit	Archaeisches oder Agoisches Gebirge	Grundgebirge	Kristallinische Schiefergesteine

steine, Tone und Kohlen, in der Steinkohlenzeit Grauwacken, Schiefer und Kalksteine, im Muschelkalk Tonablagerungen und Salze vor.

Die Formationsreihe, wie sie oben aufgeführt, ist infolge des Wechsels von Senkungen und Hebungen nirgends vollständig entwickelt. Wir finden überall Lücken oder Unterbrechungen der Schichtenfolge. In Deutschland sind nach Angaben von Walther[1]) in der Zeit vom Cambrium bis zur Gegenwart ca. 12000 m Gestein gebildet worden, eine gewaltige Schicht, die mit Berücksichtigung des Alpengebirges noch erheblich wächst.

Bezüglich der einzelnen Bildungen und ihrer Leitfossilien muß auf die geologischen Werke verwiesen werden. Die wichtigsten Bildungen werden im II. Kapitel (Die Bodenbildung) erwähnt werden.

Die Gesteine, welche sich in den verschiedenen Zeitabschnitten gebildet haben, bestehen aus Mineralien; entweder bestehen sie aus einem Mineral, Beispiel der Marmor (kohlensaurer Kalk), oder aus mehreren Mineralien, Beispiel der Granit (Quarz, Kalifeldspat, Glimmer). Es sollen zunächst die einzelnen Mineralien und danach die Gesteine besprochen werden.

1. Die Mineralien.

Die wichtigsten gesteinbildenden Mineralien lassen sich in folgende Gruppen einteilen:

a) Kieselerde-Mineralien,
b) Kieselsaure Salze (Silikate),
c) Kohlensaure Salze (Karbonate),
d) Phosphorsaure Salze (Phosphate),
e) Schwefelsaure Salze (Sulfate),
f) Schwefelverbindungen (Sulfide),
g) Oxyde und Hydroxyde,
h) Chlorverbindungen (Chloride),
i) Salpetersaure Salze (Nitrate).

Von diesen Mineralien übertreffen ihrer Menge nach die Kieselerde-Mineralien und die Silikate bei weitem alle anderen Mineralien.

a) Die Kieselerde-Mineralien.

Die Kieselerde-Mineralien von der chemischen Zusammensetzung SiO_2 (Siliziumdioxyd oder Kieselsäureanhydrid) sind in der Natur weit verbreitet als Quarz mit seinen verschiedenen Varietäten (Gemeiner Quarz, Bergkristall, Amethyst u. a.), Quarzsand, Sandstein. Als Quarzsand kommt die Kieselerde in außerordentlich großen

---

[1]) J. Walther, Geologie Deutschlands. Leipzig, Verlag von Quelle & Meyer.

Mengen in den Ackerböden vor; die Sandböden bestehen fast ausschließlich aus Quarzsand. Eine Reihe von Quarzen, wie die oben aufgeführten sind kristallisiert und wasserfrei; andere, wie z. B. der Opal, amorph und wasserhaltig; wieder andere stellen Gemenge von wasserhaltigen amorphen und kristallisierten Kieselerden dar. In natürlichen Wässern kommt die Kieselsäure in größeren oder kleineren Mengen gelöst, wahrscheinlich als Hydroxyd, vor, und scheidet sich daraus als sogenannter Kieselsinter ab.

Die natürlichen Kieselerde-Mineralien sind gegen chemische Lösungsmittel außerordentlich widerstandsfähig. In Wasser und allen Säuren mit Ausnahme der Flußsäure sind die Kieselerden so gut wie unlöslich. Durch Kali- und Natronlauge, sowie durch Lösungen von kohlensaurem Kali und kohlensaurem Natron, werden die meisten natürlichen amorphen Kieselerden leicht, die kristallisierten nicht oder außerordentlich schwer angegriffen.

b) Die kieselsauren Salze (Silikate).

Diese bilden neben den Kieselerde-Mineralien die Hauptbestandteile der Gesteinsrinde unserer Erde und damit auch des Ackerbodens. Die Silikate sind Salze der verschiedenen Kieselsäuren. Einfache Kieselsäuren sind die Metakieselsäure und Orthokieselsäure. Die erstere können wir uns vorstellen als Kieselsäureanhydrid (Kieselerde) mit einem Molekül Wasser, die zweite als Kieselsäureanhydrid mit zwei Molekülen Wasser:

$$SiO_2 + H_2O = SiO_3H_2$$
Kieselsäureanhydrid + 1 Mol. Wasser = Metakieselsäure

$$SiO_2 + 2\,H_2O = SiO_4H_4$$
Kieselsäureanhydrid + 2 Mol. Wasser = Orthokieselsäure

Diese Kieselsäuren haben eine starke Neigung sich zu kondensieren. Auf diese Weise entstehen durch Zusammentritt von mehreren Molekülen unter Austritt von Wasser die sogenannten Polykieselsäuren, von welchen die wichtigste die Polykieselsäure von der Formel $Si_2O_5H_4$ ist:

$$3\,SiO_4H_4 - 4\,H_2O = Si_3O_8H_4$$
3 Mol. Orthokieselsäure — 4 Mol. Wasser = Polykieselsäure

Die Kieselsäuren sind in freiem Zustande nicht oder nicht sicher bekannt. Durch Eintritt von Metallen in diese Kieselsäure an Stelle der Wasserstoffatome erhalten wir die Silikate, welche in der Natur meist als Doppelsilikate vorhanden sind. Beispiele:

Olivin: $SiO_4\overset{II}{Mg_2}$ = Orthokieselsaure Magnesia.

Leuzit: $(SiO_3)_2\overset{III\ I}{Al\,K}$ = Metakieselsaures Aluminium-Kalium.

Kalifeldspat: $Si_3O_8\overset{III\ I}{Al\,K}$ = Polykieselsaures Aluminium-Kalium.

Als Metalle finden wir in den Silikaten vorzugsweise: Aluminium, Eisen, Kalzium, Magnesium, Kalium und Natrium.

Die folgende Zusammenstellung enthält die wichtigsten Silikate

Die wichtigsten Silikate.

1. **Feldspatgruppe.**
   a) **Kalifeldspate**, Si_3O_8AlK. 64,7 % SiO_2, 18,4 % Al_2O_3, 16,9 % K_2O. Zuweilen auch Natron.
      Orthoklas.
      Mikroklin.
   b) **Natronkalkfeldspate (Plagioklase).**
      Natronfeldspat (Albit), Si_3O_8AlNa. 68,6 % SiO_2, 19,6 % Al_2O_3, 11,8 % Na_2O.
      Kalkfeldspat (Anorthit), $(SiO_4)_2Al_2Ca$. 43,1 % SiO_2, 36,8 % Al_2O_3, 20,1 % CaO.
      In den Gesteinen meist als Mischfeldspate (Oligoklas, Andesin, Labrador, Bytownit).
2. **Leuzit**, $(SiO_3)_2AlK$. 55,0 % SiO_2, 23,5 % Al_2O_3, 21,5 % K_2O. Auch mit Natron.
3. **Nephelin**, SiO_4AlNa. 42,3 % SiO_2, 35,9 % Al_2O_3, 21,8 % Na_2O. Stets auch Kali.
4. **Glimmmergruppe.** Hauptsächlich wasserhaltige Silikate von Tonerde, Kali, Natron, oft mit Magnesia und Eisen.
   a) **Kaliglimmer (Muskovit)**, SiO_4AlK, mit wechselnden Mengen der andern Basen.
   b) **Magnesiaeisenglimmer (Biotit)**, $(SiO_4)_2Al_2Mg$, mit wechselnden Mengen der andern Basen.
5. **Anhang an die Glimmergruppe.**
   a) **Chlorit.** Wasserhaltige Silikate von Tonerde, Eisen, Magnesia, ohne Alkalien.
   b) **Talk.** Wasserhaltiges Magnesiumsilikat ohne Tonerde und Alkalien.
   c) **Serpentin.** Ebenfalls wasserhaltiges Magnesiumsilikat oft mit Eisen.
   d) **Glaukonit.** Wasserhaltiges Silikat von Eisenoxyd mit etwas Eisenoxydul und wechselnden Mengen von Kali (bis fast 15 % K_2O).
6. **Augit- und Hornblendegruppe**, SiO_3Mg und $(SiO_3)_2MgCa$, ohne und mit wechselnden Mengen anderer Basen, auch Alkalien.
   a) **Augite.**
      Rhombische Augite (Orthaugite), SiO_3Mg, mit wechselnden Mengen von Eisen. Nach dem Eisengehalt folgende Bezeichnungen: **Enstatit** (weniger als 5 % FeO), **Bronzite** (von 5—14 % FeO), **Hypersthen** (mehr als 14 % FeO).
      Monokline Augite (Klinaugite). Tonerdefreie: **Diopsid**, $(SiO_3)_2CaMg$, kalkarme (**Enstatitklinaugite**), sowie **Mischungen** in wechselnden Verhältnissen von $(SiO_3)_2CaMg$ mit $(SiO_3)_2CaFe$. Tonerdehaltige: **Diallag**, **basaltischer Augit**.
   b) **Hornblenden.**
      Rhombische Hornblende (Anthophyllit). Entspricht chemisch dem Bronzit.
      Monokline Hornblenden. Tonerdefreie: **Tremolit, Aktinolith (Strahlstein), Hornblendeasbest** (feinfaserige). Tonerdehaltige: **Gemeine Hornblende, basaltische Hornblende.**

7. Olivin, SiO_4Mg_2, in wechselnden Mengen gemischt mit SiO_4Fe_2.
8. Granat $(SiO_4)_3\overset{III}{M}_2\overset{II}{M}_3$, wo M = Ca, Mg, Fe, Mn und M = Al, Fe, Cr. Hiernach sehr wechselnde Mischungen.
9. Turmalin. Verwickeltes Silikat mit wechselnden Mengen von Kali, Natron, Magnesia, Eisen, Mangan, Kalk, Tonerde.
10. Epidot. Wasserhaltiges Silikat von Tonerde, Eisen, Kalk.
11. Zeolithe. Wasserhaltige Silikate von Tonerde, Kalk und Natron.
12. Kaolin (Ton) $(SiO_4)_3Al_2H_2 + H_2O$.

Die Silikate, insbesondere die Feldspate, Leuzit, Nephelin, Glimmer, Augit, Hornblende, Olivin bilden die Hauptbestandteile der Eruptivgesteine und kristallinen Schiefer und liefern bei ihrer Zersetzung die Nährstoffe für den Boden: Kali, Natron, Kalk, Magnesia und Eisen. Aus der Zusammenstellung ist zu ersehen, in welchen Silikaten sich diese oder jene Nährstoffe hauptsächlich vorfinden. So sind die Kalifeldspate, der Leuzit, der Kaliglimmer, der Glaukonit hauptsächlich als Kalilieferanten; der Kalkfeldspat, die Augite, die Hornblenden, die Zeolithe hauptsächlich als Kalk- bezw. Magnesialieferanten anzusprechen usw. Je nachdem die Eruptivgesteine und die kristallinen Schiefer reich oder arm sind an diesem oder jenem Silikat, sind sie auch reich oder arm an den Nährstoffen, welche die betreffenden Silikate enthalten. Die Bezeichnung der einzelnen Eruptivgesteine ist auch erfolgt nach ihren wesentlichsten Bestandteilen an den betreffenden Silikaten (s. Eruptivgesteine).

Die natürlichen Silikate sind gegen schwache Lösungsmittel sehr widerstandsfähig. Durch heißes Wasser werden nur Spuren der leichter löslichen Silikate gelöst. Durch Erhitzen mit Wasser unter Druck werden die meisten Kristallwasser enthaltenden Silikate, wie z. B. die Zeolithe, gelöst, welche dann wieder nach dem Erkalten kristallinisch ausfallen; andere Silikate werden hierdurch in einen löslichen und unlöslichen Teil gespalten. Schwache Säuren, wie Kohlensäure, Weinsäure, Zitronensäure lösen nur die leichter löslichen Silikate, während die schwerer löslichen Silikate erst durch starke Säuren, wie z. B. Salzsäure, in Lösung gehen. Die leichter löslichen Silikate, wie die Zeolithe, werden schon durch verdünnte Salzsäure in Chlorverbindungen und Kieselsäure zerlegt, während schwerer lösliche Silikate, wie z. B. der Kalkfeldspat und der Leuzit, erst durch konzentrierte Salzsäure gelöst, die noch schwerer löslichen Silikate, wie z. B. Kalifeldspat und Augit, auch in konzentrierter Salzsäure ohne Druck nur unvollständig gespalten werden.

Trotz dieser großen Widerstandsfähigkeit der Silikate gegen schwache Säuren haben doch im Laufe der Zeit kohlensäurehaltiges Wasser, der Sauerstoff der Luft und Salzlösungen große Umwandlungen der Silikate hervorgerufen. Ein großer Teil der Silikate enthält Eisenoxydul, welches durch den Sauerstoff der Luft leicht in Eisenoxyd umgewandelt wird, wodurch der Zusammenhang der Bestandteile eine Lockerung erfährt. Kohlensäurehaltiges Wasser, welches überall in der Natur vorhanden ist, verwandelt das Kalium, Natrium, Kalzium, Magnesium und Eisen in lösliche kohlensaure bezw. lösliche saure kohlensaure Salze, welche ausgewaschen werden.

Ebenso werden durch Salzlösungen, welche überall vorhanden sind, zahlreiche Umsetzungen hervorgerufen, wobei andere Silikate entstehen. Am widerstandsfähigsten ist das Aluminium, welches schließlich als Aluminiumsilikat (Ton) zurückbleibt. Gehen wir z. B. vom Kalkfeldspat aus, so können wir uns die Bildung von Ton (Kaolin) in einfachster Form durch folgende Gleichung veranschaulichen:

$$(SiO_4)_2CaAl_2 + 2CO_2 + 3H_2O =$$
Kalkfeldspat + 2 Mol. Kohlensäure + 3 Mol. Wasser
$$(CO_3)_2CaH_2 + (SiO_4)_2Al_2H_2 + H_2O$$
saurer kohlensaurer Kalk + saures kieselsaures Aluminium (Kaolin, Ton)

Durch Herauslösen des Kalkes durch die Kohlensäure ist ein saures, wasserhaltiges Aluminiumsilikat, der Kaolin (reiner Ton) entstanden. Die Bildung des Tones erfolgt in der Natur nicht direkt, sondern mit allen möglichen Zwischenstufen. Der entstandene Ton, welcher bekanntlich neben dem Quarzsand den Hauptbestandteil unserer Ackererden darstellt, ist ein Silikat von ganz anderen Eigenschaften. Er nimmt begierig Wasser auf, bildet damit eine plastische Masse, die beim Austrocknen hart und rissig wird. Dem Zusammenballen der feinen Tonteilchen kann entgegengewirkt werden durch feinsten Sand, Kalk, speziell Ätzkalk, und durch organische Reste.

c) Die kohlensauren Salze (Karbonate).

Nach den Kieselerde-Mineralien und Silikaten kommen der Menge nach die kohlensauren Salze (Karbonate). Diese sind Salze der Kohlensäure (CO_3H_2), welche überall verbreitet ist, in der Luft, der Bodenluft und in allen natürlichen Wässern. In der Luft ist die Kohlensäure als Kohlensäureanhydrid, Kohlendioxyd (CO_2), vorhanden. Die Bodenluft und die unterirdischen Wässer enthalten infolge der sich im Boden abspielenden Zersetzungen der organischen Substanzen mehr Kohlensäure als die oberirdische Luft und das oberirdische Wasser. In Frage kommen die kohlensauren Salze des Kalziums, des Magnesiums, des Eisens und der Alkalien. Für die Bodenbildung sind am wichtigsten der kohlensaure Kalk und die kohlensaure Magnesia, besonders der erstere.

Der kohlensaure Kalk CO_3Ca { 56 % CaO, 44 % CO_2.

Der kohlensaure Kalk kommt vorzugsweise in Form folgender Mineralien vor: Als Kalkspat, kristallinisch; als Marmor und Kalkstein kristallinisch oder dicht; als Tropfstein, aus wasserhaltigen Lösungen in Kalksteinhöhlen ausgeschieden; als Kalktuff, unter Mitwirkung von Pflanzen entstanden; als Kreide, ein Produkt kleiner tierischer Lebewesen.

Die kohlensaure Magnesia CO_3Mg { 47,6 % MgO, 52,4 % CO_2.

Die kohlensaure Magnesia allein kommt vor als Magnesit oder zusammen mit dem kohlensauren Kalk als Dolomit $CO_3Ca . CO_3Mg$.

Das kohlensaure Eisen CO_3Fe als Spateisenstein.

Die kohlensauren Alkalien (kohlensaures Kali, kohlensaures Natron und kohlensaures Ammoniak).

Kohlensaures Kali und kohlensaures Natron bilden sich durch die Einwirkung der Kohlensäure auf kali- und natronhaltige Gesteine, ebenso wie kohlensaurer Kalk, kohlensaure Magnesia und kohlensaures Eisen durch die Einwirkung der Kohlensäure auf Gesteine, welche diese Metalle enthalten, entstehen. Kohlensaures Ammoniak bildet sich in großen Mengen auf bakteriologischem Wege aus dem Harnstoff des tierischen Harnes und befindet sich in geringen Mengen auch in der atmosphärischen Luft.

Die kohlensauren Alkalien sind leicht löslich in Wasser, nicht die anderen kohlensauren Salze. Diese sind aber löslich in kohlensäurehaltigem Wasser, durch welches sie in saure kohlensaure Salze übergeführt werden:

$$CO_3Ca + CO_2 + H_2O = (CO_3)_2CaH_2$$

kohlensaurer Kalk (unlöslich) + Kohlensäure + Wasser = saurer kohlensaurer Kalk (löslich)

Daher kommt es, daß alle natürlichen Wässer, welche mit Kalksteinen in Berührung kommen, größere Mengen von saurem kohlensaurem Kalk enthalten, welches sich an der Luft wieder zu kohlensaurem Kalk, der ausgeschieden wird, umsetzt, wobei Kohlensäure entweicht. In derselben Weise erfolgt die Lösung und Wiederausscheidung des Magnesiums und des Eisens. Das wieder ausgeschiedene kohlensaure Eisen ist sehr unbeständig; es wird durch den Sauerstoff der Luft in gelbes Eisenoxyd verwandelt:

$$4\,CO_3Fe + O_2 = 2\,Fe_2O_3 + 4\,CO_2$$

4 Mol. kohlensaures Eisen + 1 Mol. Sauerstoff = 2 Mol. Eisenoxyd + 4 Mol. Kohlensäure

Dieses Absetzen von gelbem Eisenoxyd aus eisenhaltigen Gewässern ist eine bekannte Erscheinung.

d) Die phosphorsauren Salze (Phosphate).

Die natürlichen Phosphate sind Salze der Ortophosphorsäure (PO_4H_3). Das wichtigste phosphorsaure Salz ist:

Der dreibasisch-phosphorsaure Kalk, Trikalziumphosphat $(PO_4)_2Ca_3$ { 45,8 % CaO, 54,2 % P_2O_5.

In dieser Form stellt der phosphorsaure Kalk den Hauptbestandteil der Phosphatlager dar, so der Karolina- und Floridaphosphate, der Algierphosphate, der Belgischen Phosphate usw., der verschiedenen Guanoarten und der Koprolithe, also der Rohphosphate, aus welchen das Superphosphat hergestellt wird.

In Verbindung mit Kalziumchlorid kommt der kohlensaure Kalk vor als Apatit $3\,(PO_4)_2Ca_3 + Cl_2Ca$. Der Apatit ist ein Nebenbestandteil vieler

Gesteine und stellt vielleicht dasjenige Phosphat vor, aus welchem alle anderen Phosphate hervorgegangen sind.

Außer dem phosphorsauren Kalk kommen noch in Frage: Die phosphorsaure Tonerde (Aluminiumphosphat) und das phosphorsaure Eisen, welch letzteres als Vivianit $(PO_4)_2Fe_3 + 8H_2O$ ziemlich verbreitet ist.

Die natürlichen Phosphate sind in Wasser so gut wie unlöslich. In sehr geringem Maße lösen sie sich in kohlensäurehaltigem Wasser, während freie Humussäuren, so wie wir solche in großer Menge in den Hochmoorböden vorfinden, die Phosphate leichter zu lösen vermögen. Leicht werden die Phosphate gelöst durch die Mineralsäuren, wie Salzsäure und Schwefelsäure. Auf der Lösung des Trikalziumphosphats durch Schwefelsäure beruht die Herstellung der Superphosphate:

$$\underset{\text{Trikalziumphosphat (unlöslich)}}{(PO_4)_2Ca_3} + \underset{\text{2 Mol. Schwefelsäure}}{2SO_4H_2} = \underbrace{\underset{\text{Monokalziumphosphat (löslich)}}{(PO_4)_2CaH_4}}_{\text{Superphosphat.}} + \underset{\text{2 Mol. Gips}}{2SO_4Ca}$$

Neben dem löslichen Monokalziumphosphat entsteht also auf diese Weise noch Gips.

e) Die schwefelsauren Salze (Sulfate).

Diese sind Salze der Schwefelsäure (SO_4H_2). In Betracht kommen der schwefelsaure Kalk, die schwefelsaure Magnesia und die schwefelsauren Alkalien. Das wichtigste bodenbildende schwefelsaure Salz ist:

Der schwefelsaure Kalk, Kalziumsulfat SO_4Ca $\begin{cases} 41{,}2\,\% \text{ CaO} \\ 58{,}8\,\% \text{ } SO_3 \end{cases}$

Dieser kommt im wasserfreien Zustand als Anhydrid, im wasserhaltigen, $SO_4Ca + 2H_2O$, als Gips vor.

Die schwefelsaure Magnesia und die schwefelsauren Alkalien kommen gelöst in natürlichen Wässern und in Form großer Salzablagerungen, speziell in Form der Staßfurter Kalisalzlager, vor. Außer dem Kalziumsulfat sind hier, meistens als Doppelsalze, folgende schwefelsaure Salze abgelagert: Kieserit $SO_4Mg + H_2O$, Langbeinit $2SO_4Mg.SO_4K_2$, Polyhalit $2SO_4Ca.SO_4Mg.SO_4K_2 + 2H_2O$, Kainit $SO_4Mg.ClK + 3H_2O$. Diese Salze sind aus dem Meereswasser in der Zechsteinformation ausgeschieden und haben durch chemische Einwirkungen aufeinander die obigen Formen angenommen.

Die Salze des Magnesiums und der Alkalien sind in Wasser leicht löslich, schwer löslich ist der schwefelsaure Kalk. 420 Gewichtsteile Wasser sind zur Lösung von 1 Gewichtsteil Gips erforderlich.

Bei Gegenwart von verwesenden organischen Substanzen und mangelhaftem Luftzutritt findet eine Reduktion der Sulfate statt. So entsteht aus dem Kalziumsulfat, welches als Bodenbildner lediglich allein in Frage kommt, Schwefelkalzium (Kalziumsulfid), das durch die überall vorhandene Kohlensäure leicht in Schwefelwasserstoff, der ein starkes Pflanzengift darstellt, übergeführt wird:

$$SO_4Ca \quad - \quad 2O_2 \quad = \quad CaS$$
1 Mol. Kalziumsulfat — 2 Mol. Sauerstoff = 1 Mol. Schwefelkalzium

$$CaS + CO_2 + H_2O = CO_3Ca + H_2S$$
Schwefelkalzium + Kohlensäure + Wasser = Kalziumkarbonat + Schwefelwasserstoff

Nützlich kann das Kalziumsulfat wirken 1. indem es sich mit flüchtigem kohlensaurem Ammoniak in nicht flüchtiges schwefelsaures Ammoniak und kohlensauren Kalk umsetzt und dadurch ammoniakbindend wirkt, 2. indem es Kali der schwer löslichen Doppelsilikate in Lösung bringt, wobei sich Kalk und Kali austauschen. Diese Prozesse finden aber nur in beschränktem Maße statt.

f) Die Schwefelverbindungen (Sulfide).

Von diesen kommt für die Bodenbildung lediglich in Frage: Das Schwefeleisen (Schwefelkies, Pyrit) FeS_2, welches noch in einer besonderen Modifikation als Markasit vorkommt. Am wichtigsten ist das Verhalten des Schwefeleisens gegen feuchte Luft, durch welche es in Eisenoxydulsulfat und freie Schwefelsäure verwandelt wird:

$$2FeS_2 + 7O_2 + 2H_2O = 2SO_4Fe + 2SO_4H_2$$
2 Mol. Schwefeleisen + 7 Mol. Sauerstoff + 2 Mol. Wasser = 2 Mol. Eisenoxydulsulfat + 2 Mol. Schwefelsäure

Letztere beiden stellen heftige Pflanzengifte dar, werden aber bei Gegenwart von kohlensaurem Kalk leicht in Kalziumsulfat und Eisenkarbonat umgewandelt, welch letzteres an der Luft sehr bald in Eisenoxyd übergeht. Der Kalk spielt daher bei eisensulfidhaltigen Böden eine ganz besondere Rolle.

g) Oxyde und Hydroxyde.

Als solche kommen nur in Betracht die Verbindungen des Eisens und zwar die folgenden:

Das Eisenoxyd, Fe_2O_3 als Eisenglanz, Roteisenstein; $2Fe_2O_3 + 3H_2O$ als Brauneisenstein.

Das Eisenoxyduloxyd Fe_3O_4 als Magnetit, Magneteisenerz. Das letztere verwittert unter Aufnahme von Sauerstoff leicht zu Eisenoxyd bezw. Eisenhydroxyd.

Unreine Brauneisensteine sind: Seeerz, Sumpferz, Wiesenerz, Raseneisenerz, Ortstein, welche sich durch Abscheidung aus moorigen Gewässern, die Eisen aus Gesteinen ausgelaugt haben, bildeten und noch bilden. Ortstein kann insofern sehr schädlich wirken, als dieser das Eindringen der Pflanzenwurzeln hindert und für Wasser undurchlässig ist.

h) Die Chlorverbindungen (Chloride).

Diese sind Salze der Salzsäure, ClH. In Frage kommen das Chlorkalzium Cl_2Ca, das Chlormagnesium Cl_2Mg, das Chlorkalium ClK und das Chlornatrium (Steinsalz) ClNa. Dieselben kommen wie die schwefel-

sauren Salze gelöst in natürlichen Wässern und in Form großer Salzablagerungen vor. Als solche sind besonders zu nennen:

Das Steinsalz (Kochsalz) ClNa, der Sylvin ClK, der Carnallit $ClK \cdot Cl_2Mg + 6H_2O$, der Kainit $ClK \cdot SO_4Mg + 3H_2O$. Die letzteren sind die wichtigsten Staßfurter Kalisalze.

Alle diese Chlorsalze sind in Wasser leicht löslich und wirken in Form ihrer Lösungen lösend auf schwer lösliche Mineralstoffe, so z. B. auf schwer lösliche Kalisilikate und phosphorsaure Salze.

Im Anschluß hieran sei noch erwähnt das Fluorkalzium (Flußspat) Fl_2Ca.

i) Die salpetersauren Salze (Nitrate).

Diese sind Salze der Salpetersäure NO_3H. In Frage kommen der salpetersaure Kalk $(NO_3)_2Ca$, die salpetersaure Magnesia $(NO_3)_2Mg$, das salpetersaure Natron NO_3Na, das salpetersaure Kali NO_3K und das salpetersaure Ammon $NO_3(NH_4)$. Diese salpetersauren Salze finden sich in den Böden und den natürlichen Wässern, das salpetersaure Ammoniak in kleinen Mengen auch in der Luft. Die Hauptsalpeterform der Böden und der Wässer ist der salpetersaure Kalk. Salpetersaurer Kalk, salpetersaure Magnesia und salpetersaures Kali kommen in größeren Mengen auch als Gesteinsausschwitzungen vor.

Die Entstehung der Nitrate erfolgt auf zweierlei Wegen:

1. In der Luft durch Blitzschlag, wobei der freie Stickstoff der Atmosphäre zu Salpetersäure oxydiert wird, welche sich mit Ammoniak, das die Luft in kleinen Mengen immer enthält, zu salpetersaurem Ammon vereinigt. Das letztere gelangt mit den Niederschlägen auf die Erdoberfläche.

2. Auf bakteriologischem Wege aus organischen Substanzen.

Hierbei wird zunächst der Stickstoff der organischen Substanzen in Ammoniak übergeführt, welch letzteres dann weiter zu salpetersauren Salzen oxydiert wird. Auf diese Weise ist durch Verwesung und Nitrifikation aus Meeresalgen unter Mitwirkung von Meeressalzen der Chilesalpeter (Natronsalpeter) hervorgegangen, welcher sich in Form großer Ablagerungen an den regenlosen Küsten von Chile, Peru und Bolivia vorfindet.

2. Die Gesteine.

Die Gesteine, aus denen der Boden hervorgegangen und weiter hervorgeht, bestehen aus Mineralien; entweder aus einem oder aus mehreren der oben besprochenen Mineralien. Wir wollen die Gesteine einteilen in:

a) Kristallinische Massengesteine = Urgesteine, Gesteine, welche unmittelbar aus dem feurig-flüssigen Zustand der Erde hervorgegangen sind und sich noch nicht oder wenig verändert haben. Zu dieser Gruppe wollen wir nicht nur die Eruptivgesteine rechnen, sondern auch die kristallinischen Schiefergesteine (Gneiß und Glimmerschiefer), von denen mit Sicherheit feststeht, daß sie zum großen Teil sekundäre Bildungen darstellen. Die mineralogische Zusammensetzung der kristallinen Schiefergesteine, die hauptsächlich bestehen aus Feldspaten, Quarz,

Glimmer, Augit, Hornblende, Serpentinen und Olivin, läßt es gerechtfertigt erscheinen, wenn wir sie den Eruptivgesteinen anreihen.

b) Sedimentgesteine, Gesteine, welche durch Zertrümmerung und Umsetzung der Urgesteine hervorgegangen sind. Hier haben wir zu unterscheiden 1. Trümmersedimente (klastische Sedimente), welche wesentlich aus den mehr oder minder auch chemisch umgeänderten, zum Teil aus chemisch nicht veränderten Trümmern bestehen. Beispiel: Sand, Ton oder deren Gesteine. 2. Ausscheidungssedimente, welche im wesentlichen den Niederschlag von Ausscheidungen aus Lösungen darstellen. Beispiel: Kalkstein, Mergel.

a) Die kristallinischen Massengesteine.

Zu diesen gehören also im engeren Sinne nur die Eruptivgesteine. Diese bestehen im wesentlichen aus Silikaten; einige enthalten neben diesen auch größere Mengen von freier Kieselsäure als Quarz. An chemischen Bestandteilen finden wir deshalb in den Eruptivgesteinen hauptsächlich die Bestandteile dieser Mineralien, also: Kieselsäure (SiO_2), Tonerde (Al_2O_3), Eisenoxyd (Fe_2O_3), Eisenoxydul (FeO), Kalziumoxyd (CaO), Magnesiumoxyd (MgO), Natron (Na_2O), Kali (K_2O). Wasser (H_2O) ist bei frischen Gesteinen nur sehr wenig vorhanden. In geringer Menge finden sich ferner vor: Phosphoroxyd (P_2O_5), Titanoxyd (TiO_2), Zirkonoxyd (ZrO_2), Chlor (Cl), Fluor (Fl), Boroxyd (B_2O_3), Lithion (Li_2O), Manganoxydul (MnO), Baryumoxyd (BaO), Schwefel (S), in geringen Spuren noch eine Menge anderer Stoffe. Das Vorhandensein von Kohlensäure (CO_2) und ein höherer Wassergehalt deuten auf Verwitterungserscheinungen hin, ausgenommen bei glasreichen Gesteinen, die auch ganz frisch wasserreich sein können. Das Verhältnis der chemischen Hauptbestandteile schwankt sehr, so der Gehalt an Kieselsäure von 30—80 %, doch sind Zahlen unter 42 % Kieselsäure (SiO_2) seltene Ausnahmen. Gesteine, welche freie Kieselsäure (Quarz) enthalten, pflegt man als saure Gesteine, solche welche freie Kieselsäure (Quarz) nicht enthalten, als basische Gesteine zu bezeichnen. Doch läßt sich eine scharfe Gruppierung der Gesteine nach dieser Richtung nicht vornehmen, da ein und dasselbe Eruptivgestein mit und ohne Quarz vorkommt. Einige Mineralogen legen den prozentischen Gesamt-Kieselsäuregehalt zugrunde und nennen Gesteine mit mehr als 65 % Kieselsäure (SiO_2-Gehalt des Kalifeldspats) saure, solche mit 52—65 % Kieselsäure neutrale (intermediäre), solche mit weniger als 52 % Kieselsäure basische Gesteine.

Über die vielen Eruptivgesteine mit ihren mannigfaltigen Variationen gibt es verschiedene Zusammenstellungen.

F. Rinne gliedert die Fülle der Eruptivgesteine in:

Plutonite (Plutonische Gesteine).

Anhang: Plutonitporphyre und Schizolithe (Spaltungsgesteine).

Vulkanite (Vulkanische Gesteine) mit ihren Tuffen

und bringt dann folgende Zusammenstellung:

Eruptivgesteine.[1])

Kalifeldspatgesteine.

Kalifeldspat (daneben der Regel nach etwas Kalknatronfeldspat) mit Glimmer oder Hornblende oder Augit bezw. mit mehreren dieser Gemengteile

		mit Quarz	ohne Quarz
Plutonite		Granit	Syenit
Plutonitporphyre		Granitporphyr	Syenitporphyr
Vulkanite	alt	Quarzporphyr	Quarzfreier Porphyr (Orthoklasporphyr)
	jung	Liparit	Trachyt

Natronkalifeldspatgesteine.

Natronkalifeldspat mit Biotit oder Augit oder Hornblende bezw. mit mehreren dieser Gemengteile

		mit Quarz	ohne Quarz
Plutonite		Natrongranit	Natronsyenit
Plutonitporphyre		Natrongranitporphyr	Natronsyenitporphyr
Vulkanite	alt	Quarzkeratophyr	Keratophyr
	jung	Natronliparit	Natrontrachyt

Nephelin- bezw. Leuzitgesteine.

		Mit Kalifeldspat dazu Augit		Mit Kalknatronfeldspat dazu Augit oder Hornblende oder Biotit bezw. mehrere dieser Gemengteile				Ohne Feldspat mit Augit dazu Hornblende oder Biotit oder Melilith bezw. mehrere dieser Gemengteile			
		Nephelingesteine	Leuzitgesteine	Nephelingesteine		Leuzitgesteine		Nephelingesteine		Leuzitgesteine	
				mit Olivin	ohne Olivin	mit Olivin	ohne Olivin	mit Olivin	ohne Olivin	mit Olivin	ohne Olivin
Plutonite		Eläolithsyenit	Leuzitsyenit	—	Theralith	Sommait	—	—	Ijolith	Missourit	—
Plotnitporphyre		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Vulkanite	alt	Eläolithporphyr	Leuzitporphyr	—	—	—	—	—	—	—	—
	jung	Phonolith	Leuzittrachyt	Nephelinbasanit	Nephelintephrit	Leuzitbasanit	Leuzittephrit	Nephelinbasalt	Nephelinit	Leuzitbasalt	Leuzitit

Anhang: Für Nephelin im Nephelinbasalt Melilith: Melilithbasalt. Basalte ohne Feldspat, Nephelin, Melilith: Limburgit (mit Olivin), Augitit (ohne Olivin).

Kalknatronfeldspatgesteine.

Kalknatronfeldspat (daneben der Regel nach etwas Kalifeldspat) mit Hornblende oder Biotit oder Augit bezw. mit mehreren dieser Gemengteile

		mit Quarz	ohne Quarz
Plutonite		Quarzdiorit	Diorit
Plutonitporphyrite		Quarzdioritporphyrit	Dioritporphyrit
Vulkanite	alt	Quarzporphyrit	Porphyrit
	jung	Dazit	Andesit

[1]) F. Rinne, Praktische Gesteinskunde. Leipzig, Verlag von M. Jänecke.

Natronkalkfeldspatgesteine.

	Natronkalkfeldspat			
	mit Augit		mit Orthaugit	
	ohne Olivin	mit Olivin	ohne Olivin	mit Olivin
Plutonite . . .	Gabbro	Olivingabbro	Norit	Olivinnorit
Plutonitporphyrite	Gabbroporphyrit	—	—	—
Vulkanite alt . .	Diabas	Melaphyr	—	—
Vulkanite jung .	Olivinfreier Feldspatbasalt	Feldspatbasalt	—	—

Olivin-(Serpentin-)Gesteine.

Olivin für sich oder mit Augit (zuweilen Orthaugit) oder Hornblende oder Biotit gezw. mit mehreren dieser Gemengteile

Plutonit		Peridodit
Plutonitporphyr		—
Vulkanit	alt	Pikrit
	jung	—

Anhang: Bei überwiegendem Augit: Pyroxenit bezw. Bronzitit.

Spaltungsgesteine. Schizolithe.

Die Plutonit-Schizolithe haben selten eigene Namen erhalten, so Granulit. Gang-Schizolithe:

a) sogenannte aplitische Gang-Schizolithe: Aplit (Kalifeldspat, auch Plagioklas, Quarz, Muskovit); Bostonit (Alkalifeldspat); Tinguait (Alkalifeldspat, Augit, Nephelin oder Leuzit); Malchit (Plagioklas, Hornblende);

b) lamprophyrische Gang-Schizolithe: Minette (Kalifeldspat, Biotit, Augit); Vogesit (Kalifeldspat, Hornblende, Augit); Kersantit (Plagioklas, Biotit, Augit); Odinit (Plagioklas, Hornblende, Augit); Monchiquit (Hornblende, Augit, Glas); Alnöit (Hornblende, Augit, Biotit, Olivin, Melilith).

Aus der Zusammenstellung ist ersichtlich, aus welchen Mineralien die verschiedenen Eruptivgesteine bestehen.

Den höchsten Prozentsatz nehmen die Feldspate ein, dann folgen die Hornblenden und Augite und darauf der Quarz. Nach Clarke nehmen im Durchschnitt die Mineralien in folgender Menge an der Zusammensetzung der Eruptivgesteine teil:

Feldspate	59,5 %
Hornblenden und Augite	16,8 „
Quarz	12,0 „
Magnesiaglimmer (Biotit)	3,8 „
Titanmineralien	1,5 „
Apatit	0,6 „
Alle übrigen Mineralien zusammen	5,8 „

Den Eruptivgesteinen sind in ihrer Zusammensetzung sehr ähnlich die kristallinischen Schiefergesteine, von denen die wichtigsten der Gneiß und Glimmerschiefer sind.

Der Gneiß ist ein faseriges bis schieferiges Aggregat von Orthoklas, Plagioklas, Quarz und Glimmer. Es sind dies die Gemengteile des Granits, so daß sich beide Gesteine petrographisch nur durch ihre Struktur unterscheiden.

Der Glimmerschiefer ist ein schieferiges Aggregat von Glimmer (meist Kaliglimmer, seltener Magnesiaglimmer, noch seltener Natronglimmer) und Quarz.

Der mineralogische Charakter der Gesteine muß nun in ihrer chemischen Zusammensetzung, die uns in erster Linie interessiert, zum Ausdruck kommen. Je nachdem ein Gestein reich oder arm an einem bestimmten Mineral ist, muß es auch reich oder arm an den chemischen Bestandteilen sein, aus denen sich das betreffende Mineral zusammensetzt. Es ist klar, daß bei den sehr verschiedenen Abarten der einzelnen Gesteine der prozentische Gehalt an den einzelnen chemischen Bestandteilen großen Schwankungen unterworfen ist. (Siehe hierzu Gesteinsanalysen von Roth, Rosenbusch, Rinne u. a.)

Im Durchschnitt einer großen Anzahl von Gesteinsanalysen ist der prozentische Gehalt der wichtigsten hierher gehörigen Gesteinsarten nach Fleischer der folgende:

Durchschnittliche chemische Zusammensetzung der kristallinischen Massengesteine einschließlich der kristallinen Schiefergesteine.[1])

Bezeichnung des Gesteins	Kieselerde SiO_2 %	Tonerde Al_2O_3 %	Kali K_2O %	Natron Na_2O %	Kalk CaO %	Magnesia MgO %	Eisenoxydul u. Eisenoxyd $FeO + Fe_2O_3$ %	Phosphorsäure P_2O_5 %
Granit	72	16	6,5	2,5	1,5	0,5	1,5	0,4—0,7
Quarz-Porphyr	74	12—14	3—4	4—5	1,5	0,5	2—3	0,4
Gneiß	70—80	14	3,0	2,0	2,6	1,5	6,0	0,8
Glimmerschiefer	70—82	12—14	0,8—4,7	0,4—4,0	0,7—2,7	1,0	3,9	—
Trachyt	62—64	16—19	3,6—5,4	4,5	1,8—2,5	0,8	6,0	0,4—0,7
Syenit	60	17	3,5	2,6	5,3	2,5	8,0	0,04—0,2
Melaphyr	57	18	2,1	2,6	7,0	3,0	6,6	0,16—0,3
Gabbro[2])	54	21	1,6	3,3	9,2	1,6	8,6	?
Diorit	51	19	2,5	3,0	7,5	6,0	11,0	0,04—1,24
Diabas	48	16	0,9	3,1	11,0	6,5	12,5	1,3
Basalt	43	14	1,3	3,8	12,1	9,1	15,3	0,5—1,1

[1]) Nach Fleischer, „Die Bodenkunde auf chemisch-physikalischer Grundlage", Grundlehren der Kulturtechnik von Vogler. Berlin, Verlag von Paul Parey, 1898. Die Fleischerschen Zahlen stimmen zum Teil ganz, zum Teil nahezu überein mit den Mittelzahlen, welche Credner in seinem Lehrbuch über die „Elemente der Geologie", Leipzig, Verlag von W. Engelmann, 1897, aufführt.

[2]) Nach Credner.

Aus der Zusammenstellung ergibt sich, daß die Gesteine mit höherem Kieselsäuregehalt infolge ihres hohen Gehalts an Kalifeldspat und Kaliglimmer relativ reich sind an Kali, die mit niedrigerem Kieselsäuregehalt infolge ihres hohen Gehalts an Augit, Hornblende und Plagioklasen relativ reich sind an Kalk und Magnesia:

	Kieselerde SiO_2	Kali K_2O	Kalk CaO + Magnesia MgO
	%	%	%
Granit	72	6,5	2,0
Quarz-Porphyr	74	3—4	2,0
Gneiß	70—80	3,0	4,1
Glimmerschiefer	70—82	0,8—4,7	2,7
Trachyt	62—64	3,6—5,4	3,0
Syenit	60	3,5	7,8
Melaphyr	57	2,1	10,0
Gabbro	54	1,6	10,8
Diorit	51	2,5	13,5
Diabas	48	0,9	17,5
Basalt	43	1,3	21,2

Der Kalk- und Magnesiagehalt steigt also erheblich mit abnehmendem Kieselsäuregehalt und zurücktretendem Kaligehalt.

Als Kalilieferanten sind demnach in erster Linie anzusprechen: Granit, Quarz-Porphyr, Gneiß, Glimmerschiefer, Trachyt, Syenit.

Als Kalk- und Magnesialieferanten: Syenit, Melaphyr, Gabbro, Diorit, Diabas, Basalt.

Die letzteren Gesteine zeigen auch meist einen höheren Eisengehalt.

b) Die Sedimentgesteine.

Unter diesen haben wir zu verstehen Gesteine, welche durch Zertrümmerung und Umsetzung der Urgesteine hervorgegangen sind. Unter dem Einfluß der Naturkräfte erleiden die Urgesteine fortwährende Umwandlungen. Die Gesteine werden zertrümmert, die Gesteinstrümmer von dem Ort ihrer Entstehung fortgeführt und nach ihrer Größe und Schwere bald früher oder später abgelagert. Hierbei erfahren sie gleichzeitig mehr oder weniger chemische Umwandlungen. Die Zerstörungsprodukte sind dann vielfach wieder zu großen Gesteinsmassen verfestigt worden, so z. B. der Sand zu Sandstein, der Tonschlamm zu Tonschiefer. Die verschiedenen Produkte dieser Vorgänge bezeichnet man mit „Sedimentgesteinen". Charakteristisch für diese Gesteine ist

1. ihre geschichtete Ablagerung,
2. das Vorkommen von Geröllen,
3. das Auftreten von tierischen und pflanzlichen Resten.

Wir unterscheiden Trümmersedimente (klastische Sedimente), welche bestehen aus mehr oder weniger chemisch umgeänderten Gesteinstrümmern und Aus-

scheidungssedimente, welche Niederschläge aus Lösungen darstellen. Eine scharfe Grenze zwischen diesen beiden Gruppen gibt es nicht. Unter den Bestandteilen vieler Trümmergesteine finden sich auch Ausscheidungen aus dem Wasser, so z. B. zwischen den Sanden und Sandsteinen aus Lösungen abgeschiedene kieselige und kalkige Bestandteile; andererseits findet man bei den Ausscheidungssedimenten nicht selten eingeschwemmte Trümmergesteine, so z. B. in den Kalksteinen Sand- und Tonteile.

Trümmersedimente.

1. Lose, größere Gesteinstrümmer. (Schutt, Gerölle und Kies.)

Unter Schutt versteht man größere, scharfkantige Bruchstücke, welche noch in unmittelbarer Nähe ihres Muttergesteins lagern und chemisch sich noch nicht oder wenig verändert haben. Unter Geröllen und Kies versteht man solche Gesteinsmassen, welche durch Wasser oder Eis von dem Ort ihrer Entstehung fortgeführt und dabei abgeschliffen sind; auch sie sind chemisch nicht oder nur wenig verändert worden.

Diese losen Gesteinstrümmer können durch ein Bindemittel wieder verkittet werden. Auf diese Weise sind die sogenannten Breccien und Konglomerate entstanden. Breccien sind verkittete Schuttmassen, Konglomerate verkittete Gerölle und Kiesmassen. Eine besondere Modifikation der Konglomerate sind die Grauwacken; sie bestehen aus abgerundeten Trümmern von Quarz, Tonschiefer, Kieselschiefer, Feldspattrümmern, zum Teil auch aus Glimmerblättchen. Das Bindemittel kann ein kieselig- oder tonigkieseliges oder karbonatisches sein. Ihre meist graue Farbe hat zu dem Namen geführt. Grauwacken sind in paläozoischen Schichten sehr verbreitet; sie bilden zum Teil dicke mit Tonschiefer wechselnde Bänke, zum Teil auch dünne Lager.

2. Sande und Sandsteine.

Die Sande enthalten die Gesteinsbruchstücke in weit kleinerer Form und bilden daher auch eine viel gleichmäßigere Masse. Da mit fortschreitender Zerkleinerung der Gesteine die chemische Zerstörung Hand in Hand gegangen ist, so kommt es, daß im Sande die chemisch leicht zerstörbaren Mineralien meist fehlen, und wesentlich nur noch das widerstandsfähigste Mineral nämlich der Quarz (SiO_2) vorhanden ist. Neben dem Quarz finden wir im Sande in geringerer Menge auch andere kleinere Gesteinstrümmer, wie Feldspat, Hornblende und Glimmerblättchen. Die letzteren sind sehr oft zu staubfeinem Ton, Chlorit usw. umgewandelt worden. Die Quarze der Sande sind vielfach rundlich oder unregelmäßig eckig, zuweilen aber mit deutlichen kristallographischen Flächen versehen.

Hier sei auch gleich der Löß genannt, der im wesentlichen aus sehr feinem Quarzstaub besteht, welcher mit feinem kohlensaurem Kalk vermischt ist. Der Löß enthält nicht selten Feldspat, Hornblende und Augit, durch deren Verwitterung der Lößlehm entsteht.

Die Sande sind vielfach wieder in festes Gestein übergegangen, indem ihre Körner durch ein Bindemittel verkittet wurden. Auf diese Weise sind die verschiedenen Sandsteine entstanden, die sich in fast allen Formationen unter den

verschiedensten Bezeichnungen vorfinden. Das Bindemittel kann aus Silizium-, Aluminium-, Eisen- und Kalziumverbindungen oder auch aus humosen Stoffen bestehen. Hiernach unterscheidet man kieselige, tonige, eisenschüssige, kalkige und humose Sandsteine. Eine besondere Form des letzteren ist der Ortstein. Auf dem verschiedenen Charakter des Bindemittels und auf den Mengenverhältnissen der letzteren beruht die große Mannigfaltigkeit der Sandsteine und ihre verschiedene chemische Zusammensetzung. Fleischer[1]) führt folgende Beispiele für die verschiedenartige Zusammensetzung der Sandsteine an:

	Kieselerde (SiO_2)	Tonerde (Al_2O_3)	Eisenoxyde (FeO u. Fe_2O_3)	Kalk (CaO)	Magnesia (MgO)	Kali (K_2O)	Natron (Na_2O)	Phosphorsäure (P_2O_5)	Kohlensäure (CO_2)	Humose Stoffe
Kieseliger Sandstein . . .	**98,5**	0,8	0,5	Spur	0,24	Spur	Spur	?	—	?
Toniger Sandstein . . .	80,6	**9,2**	2,4	1,3	1,3	1,7	1,4	0,1	—	?
Eisenschüssiger Sandstein . .	70,3	8,1	**9,5**	1,1	0,3	1,7	1,9	?	—	?
Kalkig-toniger Sandstein .	61,2	**13,7**		**10,5**	0,6	0,9	0,8	0,1	**7,3**	?
Ortstein	84,9	10,3	0,5	0,5	0,2	0,8	1,0	0,1	—	**2,1**

Den höchsten Kieselerdegehalt zeigt naturgemäß der kieselige Sandstein, dessen Bindemittel auch ein kieseliges ist. Bei den anderen Sandsteinen tritt der Kieselerdegehalt infolge der anderen Bindemittel mehr oder weniger zurück. So zeigt bei dem angeführten Beispiel der kalkig-tonige Sandstein bei seinem hohen Tonerde-Eisen und Kalkgehalt nur einen Kieselerdegehalt von 61,2%.

3. Tone und Tonsteine.

Die Tone bestehen aus staubfeinen Teilchen, den Verwitterungsprodukten der Silikate, hauptsächlich der Feldspate. Nicht selten kann man ihre Entstehung aus feldspathaltigen Gesteinen, wie Granit, Quarzporphyr usw. in der Natur verfolgen. Der Hauptbestandteil des Tones ist ein wasserhaltiges Aluminiumsilikat ($(SiO_4)_3Al_2H_2 + H_2O$). Daneben finden sich in größerer oder kleinerer Menge feiner Quarzsand, lösliche Kieselsäure, wasserhaltige Doppelsilikate, in geringeren Mengen Feldspattrümmer, Glimmer und als färbende Substanzen Eisenoxyd, Eisenhydroxyd. Als sonstige Beimengungen kommen hier und da noch vor: Eisenkies, Gips, Kalkspat und einige andere Mineralien. Reiner Ton wird Kaolin oder Porzellanton genannt. Betragen die Nebenbestandteile 70 bis 80%, so nennt man das Produkt Lehm. An besonderen Arten seien außer dem gemeinen Ton und dem Kaolin noch der Salzton und der Schlick genannt. Der Salzton ist ein, mit Chloriden von Natrium und Magnesium durchtränkter Ton, der oft auch Gips und Anhydrid, auch Magnesit enthält. Unter Schlick verstehen wir die alluvialen Tone der Überschwemmungsgebiete größerer Flüsse und auch die schlammigen Meeresabsätze.

[1]) M. Fleischer, „Die Bodenkunde auf chem.-physikalischer Grundlage". Kulturtechnik von Ch. A. Bogler. Berlin, Verlag von Paul Parey.

Die Tone sind durch Druck sehr häufig wieder in feste Gesteine (Schieferton und Tonschiefer) übergegangen. Der Schieferton ist ein ziemlich weiches schiefriges Gestein, welcher aus verkittetem Ton und kleineren Mengen von Glimmerblättchen und Quarzstäubchen besteht. Der Tonschiefer ist ein schiefriges hartes Gestein. An seiner Zusammensetzung beteiligen sich die bei dem Schieferton aufgeführten Bestandteile.

Die Zusammensetzung der Tone und Tongesteine schwankt je nach dem Gehalt der Nebenbestandteile außerordentlich. Fleischer[1]) führt folgende Grenzzahlen an:

	Kieselerde (SiO_2)	Tonerde (Al_2O_3)	Kali (K_2O)	Natron (Na_2O)	Kalk (CaO)	Magnesia (MgO)	Eisenoxydul u. Eisenoxyd (FeO u. Fe_2O_3)	Phosphorsäure (P_2O_5)
Ton . .	49—77	30—11	Spur—4,7	Spur—2,7	0,4—4,4	0,2—5,9	7,2—1,0	Spur—2,1
Schieferton	59—73	26—16	1,4—3,2	0,3—0,8	0,1—1,2	0,3—0,9	1,0—5,6	0,5
Tonschiefer	46—75	24—10	1,6—3,5	0,5—3,4	0,2—5,2	0,6—3,6	19—1,7	0,1—0,8

Die Tongesteine finden sich in allen Formationen, die Tone hauptsächlich in der Tertiärformation im Diluvium und Alluvium.

Ausscheidungssedimente.

Von diesen sind die wichtigsten: Die Kalke und Kalkgesteine, die Dolomite, der Anhydrit und Gips, das Steinsalz und die Staßfurter Kalisalze.

1. Kalke und Kalkgesteine.

Unter diesen verstehen wir Sedimente, welche den Kalk in Form von kohlensaurem Kalk enthalten. Sämtliche kristallinischen Massengesteine enthalten Kalk in Form von kieselsaurem Kalk, besonders reich daran sind die kieselsäureärmeren Gesteine, infolge ihres hohen Gehaltes an Augit, Hornblende und Plagioklasen (siehe deren Zusammensetzung S. 144 u. 145). Der kieselsaure Kalk dieser Gesteine geht bei der Verwitterung in kohlensauren Kalk über, der als löslicher kohlensaurer Kalk (siehe S. 147) vom Wasser aufgenommen und fortgeführt wird. Durch Verdunstung von Kohlensäure oder durch Aufnahme von Kohlensäure seitens der Pflanzen wird kohlensaurer Kalk zurückgebildet und abgeschieden. Finden diese Ausscheidungen bei Gegenwart von Magnesia statt, so entstehen statt des kohlensauren Kalkes Gemische von kohlensaurem Kalk und kohlensaurer Magnesia, die dolomitischen Kalke. Auch viele tierische Lebewesen tragen direkt zur Bildung von Kalkgesteinen bei, indem sie den kohlensauren Kalk zu ihrem Aufbau verwenden und ihn nach ihrem Absterben mit ihren Resten in Form großer Absätze hinterlassen.

Die breiigen Absätze können sich durch Druck zu festen Kalkgesteinen oder Dolomiten verdichten. Wir unterscheiden hauptsächlich folgende Kalkgesteine:

Marmor, von grobkörnigem, kristallinischem Gefüge als Einlagerungen in archäischen kristallinischen Schiefern und auch in jüngeren Sedimenten. Bei-

[1]) Ch. A. Vogler, Kulturtechnik.

mengungen: Eisenerz, Graphit, Quarz, zuweilen Silikate wie Augit und Glimmer, und auch Apatit.

Gemeinen Kalkstein, von feinkörnigem bis dichtem kristallinischem Gefüge. Die Nebenbestandteile, welche im wesentlichen dieselben wie beim Marmor sind, treten hier nicht so reichlich auf. Besonders zu erwähnen ist die Teilnahme von Tonteilchen an der Zusammensetzung vieler Kalksteine.

Dolomit, das Doppelsalz von kohlensaurem Kalk und kohlensaurer Magnesia, von kristallinischem Gefüge, größerer Härte und schwererer Löslichkeit als die Kalksteine. Dolomite kommen in allen Formationen vor, in Deutschland hauptsächlich im Zechstein und im oberen Jura. Kreide, Korallenkalk und Muschelkalk. (Produkte tierischer Tätigkeit.) Kalktuff und Wiesenkalk, unter Mitwirkung von Pflanzen entstanden. Pflanzen, wie Moose, Algen u. a. haben hier dem kalkführenden Wasser Kohlensäure entnommen, infolgedessen der lösliche saure kohlensaure Kalk sich als unlöslicher neutraler kohlensaurer Kalk ausgeschieden hat.

Die Kalke und Kalkgesteine zeigen eine sehr wechselnde Zusammensetzung. Fleischer[1]) führt folgende Grenzzahlen an:

	Kohlensaurer Kalk	Kohlensaure Magnesia	Ton	Phosphorsäure (P_2O_5)	Organische Stoffe
Dolomit und dolomitischer Kalk	54—63	45—19	0,1—2,9	—	—
Kalkstein aus verschiedenen Formationen	83—98	4—0,3	0,3—3,5	0,1—0,8	wenig
Kreide (weiße)	80—99	2,2—0,1	wenig	0,1—0,2	wenig
Wiesenkalk und Wiesenmergel des Alluviums	50—88	1,0—Spur	1—30	Spur—0,3	bis 9,5

Die Kalkgesteine der älteren Formationen, wie der Marmor und zum Teil der Dolomit, sind frei von tierischen und pflanzlichen Resten und enthalten deshalb auch keine Phosphorsäure, während die Kalke und Kalkgesteine der späteren Formationen infolge ihres Gehaltes an pflanzlichen und tierischen Resten immer gewisse Mengen von Phosphorsäure aufweisen.

Mergel. Unter Mergel verstehen wir innige Gemische von kohlensaurem Kalk bezw. kohlensaurer Magnesia mit Ton und Sand, welch letztere sich mit dem kohlensauren Kalk bezw. mit der kohlsauren Magnesia abgeschieden haben. Je nach dem der eine oder andere Bestandteil stark hervortritt, unterscheidet man Kalkmergel, Tonmergel und Sandmergel. Nach Fleischer bezeichnet man gewöhnlich mit:

Kalkmergel einen Mergel mit über 60% kohlensaurem Kalk
Tonmergel „ „ „ „ 40% Ton
Lehmmergel „ „ „ 20—40% Ton und steigendem Sandgehalt.
Sandmergel „ „ „ niedrigem Ton- und hohem Sandgehalt.

[1]) Ch. A. Vogler, Kulturtechnik.

Der Gehalt an kohlensaurem Kalk kann bei den letzteren Mergeln bis auf 10% und darunter sinken. Fleischer[1]) führt folgende Beispiele an:

	Kohlensaurer Kalk	Kohlensaure Magnesia	Ton	Sand	Phosphorsäure (P_2O_5)
Kalkmergel %	84,1	1,1	—	0,1	0,04
Tonmergel (Westfalen Kreis Ahaus) % .	27,6	1,2	45,7	14,2	?
Lehmmergel (Westfalen Kreis Herford) %	25,0	1,6	23,7	24,7	?
Sandmergel (Westfalen Kreis Borken) %	24,2	1,2	4,8	66,0	0,8

Ein besonderer Mergel ist der Geschiebemergel der Eiszeit. Er unterscheidet sich von den obigen Mergeln weniger durch seine chemische Zusammensetzung als vielmehr durch die Art seiner Ablagerung. Er besteht aus regellos durcheinander geworfenen Kalkgesteinen und anderen Gesteinen, welche in Lehm oder Sand eingebettet sind.

Auch sei hier der bereits besprochene Löß genannt, welcher ein inniges Gemisch von feinem Quarzsand, Tonteilchen und kohlensaurem Kalk bezw. kohlensaurer Magnesia darstellt. Der Ton ist hier soweit zurückgetreten, daß dieses Gemisch die plastischen Eigenschaften des Tones nicht mehr zeigt.

2. Gips, Anhydrit, Steinsalz, Kalium- und Magnesium-Salze (Kalisalze).

Diese Sedimente sind nach der Ansicht von Miller und Lyell, sowie von Ochsenius und vieler anderer Gesteinskundigen in Meeresbecken niedergeschlagen, die keinen oder nur einen schwachen Zufluß von Süßwasser erhielten und mit dem Ozean nur in schmaler Verbindung standen, etwa durch eine den Wasserspiegel nicht ganz erreichende Barre von ihm abgeschlossen waren. Es konnte somit zwischen dem Becken und dem offenen Meer nur ein beschränkter Wasseraustausch stattfinden, ähnlich wie es heute der Fall ist bei dem großen Busen Karabugas an der Ostseite der Kaspischen See, der mit letzterer nur durch einen flachen und schmalen Kanal verbunden ist. Vorauszusetzen ist nach J. Walther ein Wüstenklima, unter dessen Einfluß ein solches fast abgeschlossenes Becken einer stärkeren Verdampfung unterliegt. Durch Einströmen von ozeanischen Wassermassen, fortdauernde Verdunstung und fehlenden oder geringen Rückstrom der nach unten sinkenden Salzlösung wurde nach der Annahme von Ochsenius der Salzgehalt des Beckens ständig erhöht, so daß eine stärkere Sohle entstand, welche bei weiterer Konzentration Salze ausschied. Die Reihenfolge der Ausscheidungen hat sich nach der Löslichkeit der Salze gerichtet. Die schwerlöslichsten, Anhydrit und Gips, haben sich zuerst ausgeschieden, dann folgte Steinsalz. Für gewöhnlich ist dann die Mutterlauge, welche außer Steinsalz in reichlichen Mengen Kali- und Magnesiasalze enthielt, über die Barre ins Meer zurückgeflossen, so daß die

[1]) Ch. A. Vogler, Kulturtechnik.

Salzausscheidung mit der Steinsalzbildung abschloß. In seltenen Fällen, und ein solcher ist nach Ochsenius im Zechsteinbusen von Norddeutschland eingetreten, wurde die Barre vor dem Abfluß der Kalisalzlösungen durch Aufhöhung zum vollständigen natürlichen Riegel für das Wasserbecken, in dem sich nun bei weiterem Verdunsten die Kali- und Magnesiasalze abschieden. Auf diese Weise ist die mächtige Carnallitregion entstanden, aus welcher dann sekundär durch Auswaschen und Umkristallisieren andere Kalisalze (siehe diese S. 148 u. 150) entstanden sind.

Zweites Kapitel.

Die Bodenbildung.

Die festen Gesteine unserer Erdoberfläche konnten unseren Kulturpflanzen weder einen geeigneten Standort bieten, noch die nötigen Nährstoffe liefern. Sie mußten in ihrem Zusammenhang gelockert, in feinkörnige Aggregate verwandelt und dabei in ihrer Zusammensetzung verändert werden. Das ist geschehen und geschieht weiter: 1. durch physikalische Kräfte, 2. durch chemische Kräfte, 3. durch biologische Vorgänge, vorzugsweise durch die Tätigkeit von pflanzlichen Organismen. Betrachten wir die Vorgänge, welche sich hierbei abspielen und damit zur Bodenbildung führten und weiter führen.

1. Die physikalischen Vorgänge.

Diese bestehen a) in einer Zertrümmerung der Gesteine, b) in einer Fortführung und Ablagerung der Gesteinsbruchstücke.

a) Die Zertrümmerung der Gesteine.

Die Gesteine erleiden, wie alle Körper, bei Temperaturwechsel Volumenänderungen. Ist die Volumenänderung der Gesteine infolge wechselnder Temperatur nicht bedeutend, so werden doch durch die häufigen Temperaturschwankungen nennenswerte Wirkungen hervorgerufen, die zu Rissen und Spalten der Gesteine führen. Große Temperaturschwankungen werden besonders durch die Bestrahlung der Sonne bei nackten Gesteinen hervorgerufen. Die sich bildenden Risse und Spalten gewähren dem Wasser Zutritt, das bei 0° zu Eis gefriert und hierbei sich erheblich ausdehnt. 100 Volumina Wasser von 0° C. geben 107 Volumina Eis von 0° C. Auf diese Weise übt das sich bildende Eis eine starke Sprengwirkung auf die Gesteine aus. Diese ist naturgemäß in den Gebieten am größten, wo die Temperaturen um 0° herum am meisten schwanken, so daß Gefrieren und Auftauen häufig wechseln.

Einen großen Einfluß auf die Zerstörung der Gesteine übt das fließende Wasser und das bewegte Eis aus. Unter dem Stoß großer Wassermengen ent-

stehen Löcher, Rinnen und schließlich Täler. Das Wasser strömt durch die gebildeten Rinnen und Täler und übt dann mit seinen mitgeführten Gesteinsstücken seine große Zerstörungskraft auf das anstehende Gestein aus. Andererseits werden die mitgeführten Gesteinsstücke durch die bewegenden Kräfte des fließenden Wassers und der Gletscher fortwährend gegeneinander bewegt, wobei sie sich gegenseitig zerreiben. Auf die küstenbildenden Gebirge wirkt in ähnlicher Weise das durch Ebbe und Flut und den Sturm bewegte Meereswasser ein.

Auch dem Winde ist ein Einfluß auf die Zernagung der Gesteine zuzuschreiben, insofern als der durch ihn getriebene Sand zerreibend auf die Gesteinsmassen wirkt.

b) Die Fortführung und Ablagerung der Gesteinstrümmer.

Die Fortführung der Gesteinstrümmer (Schutt, Geröll, Kies, Sand, Ton usw.) erfolgt durch das fließende Wasser, das bewegte Eis und zum Teil auch durch den Wind. Treten die aus dem Gebirge kommenden Ströme in die Ebene, so verlieren sie an Geschwindigkeit und damit an Tragkraft für die mitgeführten Gesteinstrümmer. Die letzteren gelangen so zur Ablagerung. Je größer und schwerer ein Gestein, um so leichter wird es abgesetzt, je feiner und leichter es ist, um so länger wird es in der Schwebe gehalten und um so weiter transportiert. Das spezifische Gewicht der wichtigsten Mineralien ist das folgende:

Roteisenstein	5,19—5,28	Chlorit	2,80—3,00
Magneteisenstein	4,90—5,20	Glimmergruppe	2,70—3,10
Eisenkies	5,00	Kalkspat	2,60—2,80
		Natronkalkfeldspate	2,60—2,76
Augite	3,10—3,60	Talk	2,70
Epidot	3,25—3,50	Quarz	2,65
Olivin	3,27—3,37	Nephelin	2,60
Apatit	3,20	Serpentin	2,60
Hornblenden	2,90—3,30	Kalifeldspat	2,56
Turmalin	2,94—3,24	Leuzit	2,50
Magnesit	2,90—3,10	Kaolin (Ton)	2,50
Dolomit	2,85—2,95	Zeolithe	1,90—2,50

Demnach zeigen das bei weitem höchste spezifische Gewicht die Eisenerze mit rund 5,0—5,3. Das spezifische Gewicht der andern Mineralien liegt mit Ausnahme einiger Zeolithe zwischen 2,5 und 3,6. Das niedrigste spezifische Gewicht zeigen Kalifeldspat, Leuzit, Ton und Zeolithe. Von diesen sind es nun besonders die tonigen Gesteinsreste, welche bei ihrer feinen Verteilung schwer zum Absatz gelangen. Aber auch sie kommen mit dem Nachlassen der Stromgeschwindigkeit zum Absatz, besonders bei Gegenströmungen und Überschwemmungen. So bilden sich innerhalb der Flußgebiete die tonreichen Aueböden, an der Mündung der Flüsse in das Meer bei der Gegenwirkung der Flut die Seemarschböden. Eine stark transportierende Tätigkeit ist auch dem Gletschereis zuzuschreiben, welches Gesteinsbruchstücke der verschiedensten Größe vom Gebirge in

die Ebene transportiert, wo dieselben dann vom Schmelzwasser aufgenommen werden. Weit stärker als in der Jetztzeit war die zerstörende und abtragende Wirkung der gewaltigen Eismassen in der Diluvialzeit. Die letzteren hinterließen in ihren Moränen große Massen von Gesteinstrümmern der verschiedensten Art: Erratische Blöcke, Geschiebemergel und Geschiebelehm, Sand, Löß und Ton.

Auch dem Winde ist nach dieser Richtung eine besondere Tätigkeit zuzuschreiben. Die Dünen und auch zum Teil der Löß verdankt seine Ablagerung dem Winde.

2. Die chemischen Vorgänge.

Bei diesen Vorgängen haben wir zu unterscheiden: a) Diejenigen chemischen Umsetzungen, welche sich unter der Einwirkung von Wasser, Sauerstoff und Kohlensäure vollziehen. Diese Umsetzungen stellen die Verwitterung der Gesteine im engeren Sinne dar; man bezeichnet sie mit „Einfacher Verwitterung". b) Diejenigen chemischen Umsetzungen, welche sich unter der Einwirkung der bei der einfachen Verwitterung gebildeten Salzlösungen vollziehen; diese Umsetzungen stellen die Verwitterung im weiteren Sinne dar, man bezeichnet sie mit „Komplizierter Verwitterung".

a) Die einfache Verwitterung.

Wasser, Sauerstoff und Kohlensäure sind überall vorhanden; Sauerstoff und Kohlensäure befinden sich nicht nur in der Luft, sondern auch gelöst in Wasser, durch welches sie den Gesteinen zugeführt werden.

Der Sauerstoff. Dieser hat im Gegensatz zum Stickstoff das stete Bestreben, sich mit anderen Elementen zu vereinigen, sie zu oxydieren und übt nach dieser Richtung hin einen wesentlichen Einfluß auf die Umsetzungen der Gesteine aus, hauptsächlich auf Eisenverbindungen, Schwefelverbindungen und organische Stoffe:

1. Die niedrigen Oxydationsstufen des Eisens, Eisenoxydul und Eisenoxyduloxyd, welche in den Gesteinen weit verbreitet sind, werden durch den Sauerstoff leicht in Oxydverbindungen übergeführt:

$$4\,CO_3Fe + O_2 = 2\,Fe_2O_3 + 4\,CO_2$$

4 Mol. kohlens. Eisenoxydul + 1 Mol. Sauerstoff = 2 Mol. Eisenoxyd + 4 Mol. Kohlensäure
(Spateisenstein)

Bei Gegenwart von Wasser entsteht Eisenhydroxyd.

$$4\,Fe_3O_4 + O_2 = 6\,Fe_2O_3$$

4 Mol. Eisenoxyduloxyd + 1 Mol. Sauerstoff = 6 Mol. Eisenoxyd
(Magneteisenerz)

Bei Gegenwart von Wasser entsteht auch hier Eisenhydroxyd. Durch diese Oxydationsvorgänge wird der Zusammenhang der Gesteine gelockert. Die schwarze, blaue, graue oder grüne Farbe der Gesteine geht dabei in eine gelbe oder rote über.

2. Die organischen Reste, wie solche z. B. in größerer Menge im Ortstein vorhanden sind, werden durch den Sauerstoff unter Mitwirkung von niederen Organismen oxydiert, der Kohlenstoff zu Kohlensäure, der Wasserstoff zu Wasser, wodurch ebenfalls ein Zerfall der Gesteine herbeigeführt wird.

3. Schwefelverbindungen werden durch den Sauerstoff zu Schwefelsäure oxydiert. Nach dieser Richtung kommt hauptsächlich in Frage der ziemlich verbreitete Schwefelkies. Er ist ein Bestandteil vieler Eruptivgesteine, kristalliner Schiefergesteine und Sedimentgesteine und kommt auch selbst in größeren Massen vor:

$$2\,FeS_2 + 7\,O_2 + 2\,H_2O =$$

2 Mol. Schwefeleisen (Schwefelkies) + 7 Mol. Sauerstoff + 2 Mol. Wasser =

$$2\,SO_4Fe + 2\,SO_4H_2$$

2 Mol. Schwefelsaures Eisen (Eisenvitriol) + 2 Mol. Schwefelsäure

Die so gebildete Schwefelsäure wirkt stark lösend, sie löst Karbonate, schwer lösliche Silikate unter Bildung von Kohlensäure, Kieselsäure und leichter löslichen Sulfaten.

Das Wasser. Wenn auch das reine Wasser ein nur schwaches Lösungsmittel ist, so vermögen doch die großen Wassermengen, so wie sie in der Natur vorhanden sind, im Laufe der Jahre eine nennenswerte Lösung auszuüben. 10000 Teile Wasser lösen 25 Teile Kalziumsulfat (Gips), 0,3 Teile Kalziumkarbonat und selbst schwer lösliche Silikate werden, wenn auch nur sehr langsam, vom Wasser angegriffen. Gesteigert wird die Lösungsfähigkeit des Wassers durch Erhöhung seiner Temperatur, wie sich solche in tieferen Zonen der Erde vollzieht und durch gesteigerten Druck.

Kohlensäurehaltiges Wasser. Kohlensäure kommt als Lösungsmittel nie allein in Frage, sondern immer in Verbindung mit Wasser. Durch kohlensäurehaltiges Wasser werden mehr oder weniger sämtliche Mineralien zersetzt:

1. Die Karbonate. 10000 Teile mit Kohlensäure gesättigten Wassers lösen:[1])

10 Teile Kalziumkarbonat CO_3Ca,
13 „ Magnesiumkarbonat CO_3Mg,
3 „ Dolomit $CO_3Ca.CO_3Mg$,
7 „ Eisenoxydulkarbonat CO_3Fe.

Nach Fortführung der gebildeten löslichen Bikarbonate bleiben Quarz, Silikate, Eisenoxyd oder andere Bestandteile der Gesteine in gelockertem Zustande zurück.

2. Die Sulfate. Die Lösung der Sulfate, von welchem vorzugsweise das Kalziumsulfat in Frage kommt, wird durch die Anwesenheit von Kohlensäure nicht oder jedenfalls nicht in nennenswerter Weise erhöht.

---

[1]) M. Fleischer, Die Bodenkunde auf chemisch-physikalischer Grundlage. Grundlehren der Kulturtechnik von Ch. A. Vogler. Berlin, Verlag von Paul Parey.

3. Die Phosphate. Auch diese sind gegen kohlensäurehaltiges Wasser nicht widerstandsfähig, wenngleich sie auch schwer und sehr langsam gelöst werden.

4. Die Kieselerdemineralien. Diese sind noch schwerer löslich, weit löslicher aber dann, wenn die Kieselsäure aus sich zersetzenden Silikaten abgeschieden wird.

5. Die Silikate. Diese werden durch kohlensäurehaltiges Wasser in verschiedenem Maße angegriffen, am leichtesten wird das in den Silikaten enthaltene Kalzium und Eisenoxydul, dann das Natrium und darauf erst das Kalium und Magnesium angegriffen, während das Aluminium und das Eisenoxyd von kohlensäurehaltigem Wasser gar nicht angegriffen werden. Aus diesem Grunde verwittern die an Kalzium und Natrium reichen Plagioklase schneller als der Kalifeldspat; die an Plagioklasen, Augit und Hornblende reichen Eruptivgesteine im allgemeinen leichter als die an Kalifeldspat und Glimmer reichen Eruptivgesteine. Bei diesen Verwitterungen treten die angreifbaren Metalle als kohlensaure bezw. saure kohlensaure Salze aus, während das Aluminium und das Eisenoxyd schließlich als eisenhaltige Tone zurückbleiben. Die entstandenen löslichen Karbonate können gleichzeitig lösend auf die Kieselsäure einwirken.

b) Die komplizierte Verwitterung.

Bei der einfachen Verwitterung entstehen Lösungen der verschiedensten Salze, des Kaliums, Natriums, Kalziums, Magnesiums, Eisens als Karbonate, Sulfate und Chloride; auch lösliche Kieselsäure. Diese Lösungen können untereinander auf sich einwirken und auf die ursprünglichen oder bereits veränderten Mineralien. Derartige Umsetzungen bezeichnet man mit „komplizierter Verwitterung". Hervorzuheben ist, daß bei diesen Umsetzungen nicht nur die schwächere Base, wie z. B. der Kalk, durch die stärkere, wie z. B. durch das Kali, verdrängt wird, sondern daß auch der umgekehrte Prozeß stattfinden kann, wenn große Mengen von Salzen mit schwacher Basis ihre Einwirkung auf Silikate mit stärkeren Basen ausüben. So kann z. B. der kalireiche, kalkfreie Orthoklas (Kalifeldspat) in kalkreichen, kalifreien Epidot verwandelt werden, wenn große Mengen von Kalklösungen auf den Kalifeldspat einwirken.

Auf diese Weise können die mannigfaltigsten Umsetzungen stattfinden.

Die hauptsächlichsten Verwitterungsprodukte der Mineralien.

Durch Austritt bezw. teilweisen Austritt oder durch Austausch bezw. teilweisen Austausch der einzelnen Bestandteile der Mineralien können die verschiedenartigsten Verwitterungsprodukte entstehen. Es mögen die hauptsächlichsten Verwitterungsprodukte der Mineralien kurz aufgeführt werden:

Kalifeldspate. Verwitterungsprodukte: Ton oder Muskovit (Kaliglimmer).

Natronkalkfeldspate (Plagioklase). Verwitterungsprodukte: Ton, Muskovit, Epidot, Kalkspat.

Leuzit. Schwer verwitterbar. Verwitterungsprodukte: Analcim (wasserhaltiges Aluminium-Natriumsilikat), auch Kalifeldspat bezw. Kaolin oder Muskovit.

Nephelin. Verwitterungsprodukte: Zeolithe (Natrolith) auch Muskovit.

Muskovit (Kaliglimmer). So gut wie unverwitterbar.

Biotit (Magnesiaglimmer). Verwitterungsprodukte: Chlorit, Eisenerze, Quarz, Epidot, Karbonate.

Kaolin. (Ton) Unverwitterbar. Selbst Verwitterungsprodukt.

Augit. Verwitterungsprodukte: Serpentin, Chlorit, Eisenerz, Epidot, Quarz, Kalkspat.

Hornblende. Verwitterungsprodukte: Chlorit, Epidot, Brauneisenerz, Kalkspat, Ton.

Olivin. Verwitterungsprodukt: Serpentin, oft unter Abscheidung von Magnetit (Fe_3O_4) und Opal.

Turmalin. Nicht bezw. sehr schwer verwitterbar.

Epidot desgleichen. Selbst Verwitterungsprodukt.

Magnetit. Verwitterungsprodukte: Brauneisenstein oder Roteisenstein.

Eisenglanz (Roteisenstein). Verwitterungsprodukt: Brauneisenstein.

Brauneisenstein. Selbst Verwitterungsprodukt.

Eisenkies (Schwefelkies). Verwitterungsprodukte: Eisenvitriol, Schwefelsäure, Brauneisenstein.

Die Einflüsse auf die Schnelligkeit der Bodenbildung und die Art des entstehenden Bodens.

Als solche kommen in Frage:

1. Die Oberflächengestaltung des Gesteins. Ist die Oberfläche des verwitternden Gesteins eben oder sogar muldenförmig, so werden nur die durch die Verwitterung gelösten Stoffe durch das Wasser fortgeführt; ist sie geneigt, so werden auch unlösliche Stoffe, wie besonders die feinen tonigen Bestandteile, mit fortgeschwemmt. So hinterläßt z. B. Granit mit einer ebenen oder muldenförmigen Oberfläche bei seiner Verwitterung einen an Ton reichen Lehmboden, Granit mit einer abschüssigen Oberfläche einen tonarmen Sandboden.

2. Die Struktur des Gesteins. Je leichter die chemischen Zersetzungsfaktoren (Sauerstoff, Kohlensäure, Wasser, Salze) in das Gestein Eintritt finden, um so schneller die Verwitterung. So verwittern geschichtete und schiefrige Gesteine schneller als kompakte, z. B. der schieferige Gneiß schneller als der dichtere Granit, die geschichteten Sedimentgesteine schneller als die kristallinischen Massengesteine. Aus demselben Grunde verwittert ein und dasselbe Gestein bei grobkörniger Struktur schneller als bei feinkörniger, z. B. ein grobkörniger Granit schneller als ein solcher mit dichter Grundmasse.

3. Die chemische Zusammensetzung der Gesteine. Gesteine, welche reich sind an leicht sich zersetzenden Plagioklasen, Hornblenden und Augiten verwittern schneller als solche, welche reich sind an dem schwer sich zersetzenden Kalifeldspat und Glimmer; solche welche reich sind an leicht sich oxydierenden Eisenoxydulverbindungen schneller als solche, welche arm daran sind usw. Siehe vorige Abschnitte.

4. Die Menge von kohlensäurehaltigem Wasser und Sauerstoff (siehe einfache Verwitterung).

5. Die Menge und Art der gelösten Salze (siehe komplizierte Verwitterung). Je nachdem diese oder jene Salze auf ein verwitterndes Gestein einwirken, können die verschiedensten Produkte entstehen. So kann durch Einwirkung von kalireichem Wasser auf kalk- oder natronreiche, aber kaliarme Gesteine ein kalireicher Boden entstehen oder umgekehrt durch Einwirkung von großen Mengen eines kalkreichen Wassers auf ein kalireiches, kalkarmes Gestein ein kaliarmer, kalkreicher Boden usw.

Aus ein und demselben Gestein können demnach, je nachdem diese oder jene chemischen Umsetzungen stattfinden oder diese oder jene Verwitterungsprodukte erhalten oder fortgeschwemmt werden, die verschiedenartigsten Bodenarten entstehen. Der Granit kann einen fruchtbaren Lehmboden liefern, ebensogut aber auch einen unfruchtbaren Sandboden. Tonschiefer und Basalt können einen kali- und kalkreichen Boden oder aber auch einen kali- und kalkarmen Boden liefern usw. Bezeichnungen, wie Granitboden, Gneißboden, Porphyrboden, Basaltboden usw. besagen nichts über die Zusammensetzung und damit nichts über den landwirtschaftlichen Wert der Böden.

3. Die biologischen Vorgänge.

An der Bodenbildung sind nicht nur physikalische und chemische Kräfte beteiligt, sondern auch die lebenden Organismen, Pflanzen und Tiere. Die Wirkung der Organismen besteht einerseits darin, daß diese zu der Zerstörung der Gesteine beitragen, wie z. B. die Pflanzenwurzeln, welche in die Spalten der Gesteine eindringen und so sprengend auf dieselben wirken, oder die Bohrmuscheln, die sich in die Felsen hineinbohren und somit den chemischen Agentien den Zutritt erleichtern; andererseits darin, daß sie bedeutungsvolle Umsetzungen und Ablagerungen herbeiführen. Ein großer Teil der Kalke und Phosphate verdankt, wie wir sahen, seine Ablagerung pflanzlicher und tierischer Tätigkeit (siehe S. 146—147). Besonders stark sind an der Bodenbildung die pflanzlichen Organismen beteiligt, die nicht nur zerstörend und umsetzend auf die Mineralien wirken, sondern denen wir auch die ganze Ablagerung der organischen Stoffe in unserem Boden verdanken. Betrachten wir diese in ihrer Tätigkeit.

a) Die Umwandlung der Gesteine durch die pflanzlichen Organismen.

Auf dem festen Gestein unserer Erdoberfläche konnten zunächst die höheren anspruchsvolleren Pflanzen nicht wachsen. Es konnten auf dem allmählich verwitternden Gestein nur anspruchslosere pflanzliche Organismen gedeihen, wie Bakterien, Pilze, Algen, Flechten, Moose. Von den ersteren haben sicherlich einige von vornherein die Fähigkeit besessen, den Luftstickstoff zu assimilieren und diesen den andern neben ihnen wachsenden Organismen zugänglich zu machen, die ihrerseits wieder die stickstoffassimilierenden niederen Organismen mit Kohlenstoff-

verbindungen versorgten. So kann man von einer Art Symbiose sprechen zwischen den chlorophyllfreien stickstoffassimilierenden Bakterien und den chlorophyllführenden, grünen Algen. Die ersteren versorgen die grünen Algen mit Stickstoffverbindungen, während diese als grüne Gewächse die Kohlensäure der atmosphärischen Luft aufzunehmen vermögen und so jene mit Kohlenstoffverbindungen versorgen. Daneben existieren auch, wie man festgestellt hat, gewisse blaugrüne Algen (Cyanophyceen), die gleichfalls imstande sind, den Luftstickstoff zu verwerten. Der Stickstoff fehlte jedenfalls zunächst auf der Erdoberfläche; wir verdanken die ersten Mengen den stickstoffassimilierenden niederen Organismen[1]) und den bereits ebenfalls im ersten Teil erwähnten Naturvorgängen (Blitzschlag), durch welche immer gewisse kleine Mengen von Luftstickstoff oxydiert werden und mit den Niederschlägen auf die Oberfläche unserer Erde gelangen. Die stickstoffsammelnden Leguminosen konnten zunächst nicht gedeihen, sie sind mit ihrer Tätigkeit erst später hinzugetreten.

Jedenfalls sind es die anspruchslosen niederen Organismen gewesen, welche den Boden für die anspruchsvolleren höheren Organismen vorbereiteten. Ihnen genügten die kleinen Mengen von Mineralstoffen, welche ihnen das langsam verwitternde Gestein bot, sie holten Stickstoff aus der Luft und hielten kohlensäurehaltiges Wasser fest, welches den Verwitterungsprozeß der Gesteine beschleunigte. Allmählich konnten sich dann anspruchsvollere Pflanzen ansiedeln. Diese wirkten dann einerseits mechanisch zerstörend, andererseits chemisch zerstörend auf die Gesteine ein; mechanisch zerstörend, indem Millionen von Wurzeln und Würzelchen alljährlich in die feinen und gröberen Risse der Gesteine hineinwachsen und dann durch ihr Dicken- und Längenwachstum stark sprengend auf die Gesteine wirken, chemisch, indem die aus ihren Wurzeln sich ausscheidenden Säuren, Kohlensäure, Weinsäure, Zitronensäure, Oxalsäure usw. lösend auf die Mineralien der Gesteine wirken. Die pflanzlichen Organismen wirken aber nicht nur zerstörend auf die Gesteine, sondern sie tragen auch zur Erhaltung des gebildeten Erdbodens bei, indem sie mit ihren Wurzeln dasselbe festhalten und so vor der Fortschwemmung schützen. Alle diese Vorgänge lassen sich auch gegenwärtig noch auf den Felsen unserer Gebirge verfolgen.

b) Die Bildung und Umwandlung der organischen Stoffe durch die pflanzlichen Organismen.

Die Bildung der organischen Stoffe.

Die ganzen organischen Stoffe unseres Bodens verdanken wir den pflanzlichen Organismen. Grüne Pflanzen haben sie aus der Kohlensäure der Luft und dem Wasser geformt, die stickstoffhaltigen unter Hinzutritt von Stickstoffverbindungen; niedere Organismen haben sie nach der verschiedensten Richtung umgeformt.

Die Umwandlung der organischen Stoffe.

Die Verwesung. Die organischen Stoffe, mögen sie nun als solche dem Boden direkt zugeführt worden sein oder erst den tierischen Körper durchwandert

[1]) Siehe I. Teil: Die stickstoffassimilierenden niederen Organismen.

haben, unterliegen unter natürlichen Verhältnissen einer fortdauernden Umwandlung. Diese Umwandlung wird hervorgerufen durch die Lebenstätigkeit von niederen Organismen. Bei reichlicher Luftzufuhr entwickeln sich vorzugsweise aërobe Bakterien und wir haben es dann mit einem ziemlich glatten Oxydationsprozeß zu tun, den man mit Verwesung bezeichnet. Bei diesem Prozeß wird der Kohlenstoff der organischen Substanz zu Kohlensäure, der Wasserstoff zu Wasser verbrannt, also in jene einfachen Verbindungen zurück verwandelt, aus denen die Pflanze die organischen Bestandteile formte. Der organische Stickstoff, welcher vorzugsweise in Form von Eiweiß vorhanden ist, wird bei der Verwesung in Ammoniak, richtiger in Ammoniaksalz, verwandelt, zum kleinen Teil als freier Stickstoff abgespalten. Die Mineralstoffe der verwesenden organischen Substanzen bleiben als Karbonate, Sulfate, Phosphate, Silikate und Chloride zurück und auch das gebildete Ammoniak wird später bei dem Nitrifikationsprozeß zu Nitraten oxydiert.

Der Verlauf des Verwesungsprozesses hängt ab:

1. Von der Luftzufuhr. Je stärker die Luftzufuhr, desto schneller verläuft die Verwesung, vorausgesetzt, daß es nicht an genügender Feuchtigkeit fehlt. So zersetzen sich z. B. organische Substanzen, wie die Gründüngung, in einem porösen Sandboden viel schneller als in einem schweren, weniger gut durchlüfteten Boden.

2. Von den vorhandenen Wassermengen. Die niederen Organismen gebrauchen für ihre Tätigkeit eine gewisse Menge von Wasser. Aus diesem Grunde wird die Verwesung durch eine Wasserzufuhr bis zu einer bestimmten Grenze gesteigert. So fand Wollny[1]) bei Versuchen, welche er mit einer Komposterde mit verschiedenem Wassergehalt anstellte, folgende Kohlensäuremengen, wenn er die beim niedrigsten Wassergehalt und niedrigster Temperatur gebildete Kohlensäure = 1 setzte:

Temperatur	6,8 % Wasser	26,8 % Wasser	46,8 % Wasser
10°	1 Vol. CO_2	9,1 Vol. CO_2	17,2 Vol. CO_2
20°	1,6 „ „	26,7 „ „	30,6 „ „
30°	3,4 „ „	31,0 „ „	40,5 „ „

Die Kohlensäuremengen, welche uns einen Maßstab abgeben für den Verlauf des Verwesungsprozesses, stiegen also mit Erhöhung des Wassergehaltes. Eine solche Steigerung durch das Wasser erfolgt solange, als dies nicht hemmend auf den Luftzutritt wirkt.

Interessant und praktisch wichtig ist, daß die Verwesung in einem Sandboden mit niedrigem Wassergehalt erheblich schneller verläuft, als die in einem Lehm- und Tonboden mit niedrigem Wassergehalt. Es zeigen dies die folgenden Versuche, welche der Verfasser durch W. Robson mit Hornmehl anstellen ließ:

---

[1]) E. Ramann, Bodenkunde. Berlin, Verlag J. Springer.

Zeit	Sandboden	Lehmboden	Tonboden
	umgesetzter organischer Stickstoff		
	%	%	%
	Niedriger Wassergehalt		
	6 %	8 %	8 %
Nach 3 Wochen	46,86	19,24	0,63
„ 12 „	64,42	54,06	13,35
	Höherer Wassergehalt		
	12 %	16 %	18 %
Nach 3 Wochen	45,15	46,84	30,80
„ 12 „	60,52	61,99	63,21

Hiernach waren nach 3 Wochen in dem Sandboden mit 6 % Wasser 46,86 % organischer Stickstoff umgesetzt, während bei dem Lehmboden mit 8 % nach 3 Wochen nur 19,24, bei dem Tonboden mit 8 % nur 0,63 % umgesetzt worden waren. Die schweren Bodenarten, besonders der Tonboden, absorbieren das Wasser so stark, daß es bei einem niedrigen Feuchtigkeitsgehalt des Bodens den niederen Organismen an dem für ihre Tätigkeit nötigen Wasser fehlt. Sobald der Wassergehalt auf den schweren Bodenarten in entsprechender Weise erhöht wird, verläuft auch hier die Verwesung ebensogut als im Sandboden. Es wurden in dem Sandboden mit 12 %, in dem Lehmboden mit 16 % und in dem Tonboden mit 18 % Wasser 60,52 bezw. 61,99 und 63,21 % des organischen Stickstoffs nach 12 Wochen umgesetzt.

3. Von der Temperatur. Der Verwesungsprozeß wird mit ansteigender Temperatur beschleunigt bis er wieder über eine bestimmte Temperatur hinaus verlangsamt wird und bei hoher Temperatur vollständig zum Stillstand kommt. Er beginnt etwas oberhalb von 0°, steigt zunächst langsam, dann schneller mit zunehmender Temperatur und erlischt dann etwa bei 60° im Boden. In welcher Weise der Verwesungsprozeß mit zunehmender Temperatur gesteigert wird, zeigen die unter 2 aufgeführten Wollnyschen Versuche. Es wurden dort in dem Boden mit dem höheren Wassergehalt bei 10° 17,2, bei 20° 30,6 und bei 30° 40,5 Vol. Kohlensäure erzeugt.

4. Von der physikalischen Beschaffenheit der verwesenden Pflanzenteile. Feste, dichte Pflanzenteile, wie z. B. verholzte Stengel, widerstehen der Verwesung länger als zarte Pflanzenteile. So wird z. B. eine Gründüngung in Form von Klee viel schneller zersetzt als eine Gründüngung in Form von Pferdebohnen, die mit ihren stärkeren harten Stengeln der Verwesung länger widerstehen.

5. Von chemischen Substanzen. Alkalisch reagierende Stoffe, wie kohlensaure Alkalien in nicht zu hoher Konzentration, kohlensaurer Kalk und kohlensaure Magnesia, auch Ätzkalk und gebrannte Magnesia, die bald in kohlensauren Kalk bezw. kohlensaure Magnesia verwandelt werden, wirken günstig auf den Verwesungsprozeß, während größere Mengen von Chloriden der Alkalien und alkalischen Erden, Eisensulfat, Kupfersulfat usw. hemmend auf ihn einwirken.

Die Verwesung ist ein für die Landwirtschaft außerordentlich wichtiger Prozeß; durch ihn werden die organischen Reste wieder in Pflanzennahrung (Kohlensäure und Ammoniaksalze) zurückverwandelt. Aus diesem Grunde ist die ganze Bodenbearbeitung auf einen möglichst glatten Verlauf dieses Prozesses gerichtet. — Findet ein mangelhafter Luftzutritt statt, so haben wir es mit einem modifizierten Verwesungsprozeß zu tun, den man für gewöhnlich mit Fäulnis bezeichnet. An ihm beteiligen sich in hervortretender Weise anaërobe Bakterien. Es ist klar, daß in der Natur weder ein reiner Verwesungsprozeß, noch ein reiner Fäulnisprozeß vor sich geht, sondern, daß beide Prozesse nebeneinander verlaufen und je nach den Luftverhältnissen der eine oder andere Prozeß in den Vordergrund tritt. In unsern Ackerböden überwiegt aber bei weitem der Verwesungsprozeß.

Die Produkte der Fäulnis sind je nach der Art der faulenden Pflanzensubstanz und den Umständen, unter welchen dieser Prozeß stattfindet, sehr mannigfaltige.

Die Humusstoffe. Zwischen den organisierten Pflanzengebilden und den Endprodukten der Verwesung liegt eine Anzahl von Substanzen in verschiedenen Zersetzungsstadien, die Humusstoffe, diejenigen dunkelgefärbten Stoffe, welche einen so wichtigen Bestandteil unserer Kulturböden darstellen. Die chemische Natur dieser Stoffe ist schwer aufzuklären, da es sich um ein Gemisch sehr verschiedener Körper handelt, die bei der Behandlung mit chemischen Agentien auch eine Veränderung erfahren. Ramann gibt für die Humusstoffe folgende Definition: „Die Humusstoffe sind Kolloidkomplexe wahrscheinlich sehr verschiedener Zusammensetzung, die aus unveränderten Kolloiden der ursprünglichen Pflanzensubstanz gemischt mit kohlenstoffreichen Zersetzungsprodukten bestehen." Durch Behandlung des Humus mit kalten alkalischen Flüssigkeiten (Kali-Natronlauge oder Ammoniak) lösen sich Stoffe, die aus ihrer Lösung durch Säuren wieder abgeschieden werden. Diese Stoffe hat man, da sie den Charakter einer Säure haben, mit Huminsäure (Humussäure), die unlöslichen mit Humin bezeichnet. Die natürlichen Humusstoffe besitzen meistens eine schwache oder stärkere saure Reaktion. Beruht diese nicht auf einem Gehalt an Kohlensäure, so ist sie auf einen Gehalt an freier Humussäure zurückzuführen und man spricht in diesem Fall von saurem Humus. Im andern Fall nimmt man an, daß die Humussäuren an Basen, vorzugsweise Kalk, gebunden sind und man spricht dann von mildem Humus. Die Bildung von saurem Humus ist an kalkarme Pflanzen und kalkarme Bodenarten, die des milden Humus an kalkreiche Pflanzen und kalkreiche Bodenarten gebunden. Die Zersetzung des milden Humus erfolgt schneller als die des sauren, daher beschleunigt eine Kalkzufuhr die Zersetzung der sauren Humusstoffe. Die freien Humussäuren spielen hinsichtlich der Umsetzung der Mineralien eine wichtige Rolle. Sie lösen nicht nur Chloride, Sulfate, sondern auch schwer lösliche Phosphate und Silikate, aus welchen sie die entsprechenden Säuren austreiben, die ihrerseits wieder lösend auf die Gesteine einwirken.

Die Humusstoffe sind an Kohlenstoff reicher, an Wasserstoff und Sauerstoff ärmer als die Substanzen, aus denen sie hervorgegangen sind. Es zeigt dies ein Vergleich mit der Zellulose, die den Hauptbestandteil der verwesenden Pflanzensubstanzen darstellt:[1])

	Kohlenstoff %	Wasserstoff %	Sauerstoff %
Zellulose	44,4	6,2	49,4
Humusstoffe (stickstoff- und mineralstofffrei)	59—64	4,4—4,6	35—36

Demnach treten bei der Verwesung der Wasserstoff und der Sauerstoff in höherem Maße aus als der Kohlenstoff, der sich infolgedessen prozentisch anhäuft.

Der Stickstoffgehalt der Humusstoffe hängt in erster Linie ab von dem der ursprünglichen Substanzen. Snyder[2]) stellte bei Versuchen folgende Zahlen fest:

Humus der Kohlehydrate	0 %	Stickstoff
„ aus Holz	1—2 %	„
„ aus Getreidestroh	2—4 %	„
„ aus tierischem Dünger . .	4—8 %	„

Infolge des Austretens von Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff wird der zurückbleibende Rest prozentisch reicher an Stickstoff, der geringere Verluste erleidet. Nach Fleischer schwankt der Stickstoffgehalt der natürlichen, wasser- und mineralstofffrei gedachten Humusstoffe zwischen 1—6 %.

Die Salpeterbildung. Unter Salpeterbildung oder Nitrifikation versteht man die unter dem Einfluß von niederen Organismen sich vollziehenden Umwandlungen von Ammoniak in salpetrige Säure und Salpetersäure, richtiger die Umwandlung von Ammoniakverbindungen in salpetrigsaure und salpetersaure Salze. Früher sah man diesen Prozeß als einen rein chemischen an. Durch die Forschungen von Warrington, Schlösing, Müntz u. a. wurde zuerst nachgewiesen, daß dieser Vorgang ein bakteriologischer ist, obwohl es den betreffenden Forschern nicht gelang, die betreffenden Organismen im Boden aufzufinden und zu isolieren. Dies ist erst Winogradsky gelungen, welcher bei Anwendung von rein mineralischen Nährböden (Kieselsäure-Gallerte) vermochte, die betreffenden Organismen zu züchten und zu isolieren. Nach seinen Untersuchungen haben wir es mit zwei Gruppen zu tun, von denen die eine das Ammoniak zu salpetriger Säure, die andere die salpetrige Säure zu Salpetersäure oxydiert. Die erstere Gruppe, die Nitritbakterien, erhielt den Namen Nitrosomonas, die zweite Gruppe, die Nitratbakterien, den Namen Bazillus Nitrobacter. Der Vorgang gestaltet sich danach folgendermaßen:

---

[1]) M. Fleischer, Bodenkunde.
[2]) E. Ramann, Bodenkunde.

Nitritbakterien:

$$2\,NH_3 + 3\,O_2 = 2\,NO_2H + 2\,H_2O$$

2 Mol. Ammoniak + 3 Mol. Sauerstoff = 2 Mol. salpetrige Säure + 2 Mol. Wasser

Nitratbakterien:

$$2\,NO_2H + O_2 = 2\,NO_3H$$

2 Mol. salpetrige Säure + 1 Mol. Sauerstoff = 2 Mol. Salpetersäure

Bei Reinkulturen verläuft dieser Vorgang glatt oder nahezu glatt, bei Rohkulturen und im Ackerboden werden aber den nitrifizierenden Organismen größere Mengen von Stickstoff durch andere niedere Organismen entzogen (10—20 % und mehr). Ob es Organismen gibt, die das Ammoniak direkt zu Salpetersäure oxydieren, ist nicht bekannt. Von größtem Interesse ist das Verhalten dieser Organismen in Beziehung auf die Deckung des Kohlenstoffbedarfs. Sie sind nämlich im Gegensatz zu fast sämtlichen chlorophyllfreien Organismen imstande, ihren Kohlenstoffbedarf aus der Kohlensäure der Atmosphäre zu decken. Hierzu befähigt sie der stattfindende Oxydationsprozeß, bei welchem Energie frei wird, die sie zur Spaltung der Kohlensäure benutzen können. Eine Anwesenheit von größeren Mengen löslicher organischer Substanzen beeinträchtigt sogar ihre Tätigkeit. Kleine Mengen können jedoch günstig wirken. Ebenso werden sie in ihrer Tätigkeit durch die organischen Stoffe des Bodens nicht beeinträchtigt. Im Gegenteil wirken die Humusstoffe förderlich auf ihre Tätigkeit; es steigt und fällt im großen und ganzen die nitrifizierende Kraft der Erde mit ihrem Humusgehalt, soweit es sich nicht um saure Humusstoffe handelt. Durch Anwesenheit von Säuren werden sie stark geschädigt. Die sich bildenden Säuren, salpetrige Säure und Salpetersäure, müssen durch alkalische Verbindungen, von welchen für den Ackerboden hauptsächlich der kohlensaure Kalk und die kohlensaure Magnesia in Frage kommen, neutralisiert werden.

Die Bedingungen der Salpeterbildung.

Die Bedingungen der Salpeterbildung sind die folgenden:

1. Die Anwesenheit der betreffenden niederen Organismen. Diese sind in allen Kulturböden vorhanden, so daß sie hier unter geeigneten sonstigen Bedingungen ihre Tätigkeit entfalten können.

2. Die Anwesenheit von geeignetem Stickstoffmaterial, d. h. die Anwesenheit von Ammoniakverbindungen. Es muß deshalb erst der Nitrifikation der Verwesungsprozeß, bei welchem aus den organischen Stickstoffverbindungen Ammoniak gebildet wird, vorausgehen. Ob es Organismen gibt, die den organischen Stickstoff ohne die Ammoniakstufe zu Salpetersäure oxydieren können, ist nicht bekannt, auch wohl nicht anzunehmen.

3. Ein reichlicher Luftzutritt. Die Salpeterbildung ist ein Oxydationsprozeß, welcher sich nur bei Gegenwart reichlicher Sauerstoffmengen vollziehen kann. Alle Maßregeln, welche eine Durchlüftung des Bodens bewirken, Entwässerung, Tiefkultur, Hackkultur, Brache, Anwesenheit von bodenlockernden Düngemitteln, wie von organischen Substanzen oder Ätzkalk, befördern auch die Salpeterbildung.

Davon, daß bei reichlicher Luftzufuhr eine außerordentlich starke Salpeterbildung stattfindet, kann man sich leicht überzeugen, wenn man dieselbe in einem locker lagernden Erdhaufen verfolgt.

4. Eine gewisse Temperatur. Die Salpeterbildung findet, wie alle bakteriologischen Prozesse, nur innerhalb bestimmter Temperaturgrenzen statt. Sie beginnt, allerdings nur schwach, bei etwa 5° C. und erlischt bei ca. 55° C. Das Optimum der Salpeterbildung liegt bei ca. 37° C. Im Winter findet daher bei unseren klimatischen Verhältnissen nur eine geringe Salpeterbildung statt, was insofern sehr günstig ist, als der gebildete Salpeter leicht ausgewaschen wird, während die Vorstufe, das Ammoniak, von der Ackererde absorbiert wird.

5. Ein gewisser Feuchtigkeitsgrad. Wie alle niederen Organismen gebrauchen auch diese Organismen für ihre Entwicklung eine gewisse Menge von Feuchtigkeit. Ein mittlerer Feuchtigkeitsgehalt des Bodens ist für die Salpeterbildung am günstigsten. Sie sind einerseits sehr empfindlich gegen die Austrocknung des Bodens, andererseits gegen einen zu hohen Feuchtigkeitsgehalt des Bodens, bei welchem die erwünschte Luftzirkulation unterbleibt. Interessante Versuche hat nach dieser Richtung hin W. Robson[1]) angestellt. Derselbe verfolgte die Salpeterbildung in einem Sandboden, Lehmboden und Tonboden bei einem niedrigen Wassergehalt (6% bezw. 8%) und bei einem höheren Wassergehalt (12% bezw. 16% und 18%).

Zeit	Böden	Noch vorhandener löslicher Ammoniakstickstoff %	Gebildeter Salpeterstickstoff %	Festgebundener Ammoniakstickstoff und Eiweißstickstoff %
Niedriger Wassergehalt (Sandboden 6%, Lehmboden 8%, Tonboden 8%).				
Nach 6 Wochen	Sandboden . . .	68,25	24,91	6,84
	Lehmboden . . .	79,71	5,38	14,91
	Tonboden	72,57	2,01	25,42
Nach 12 Wochen	Sandboden . . .	50,47	40,55	8,98
	Lehmboden . . .	63,12	22,03	14,85
	Tonboden	60,06	9,78	30,16
Höherer Wassergehalt (Sandboden 12%, Lehmboden 16%, Tonboden 18%).				
Nach 6 Wochen	Sandboden . . .	28,51	60,07	11,42
	Lehmboden . . .	6,67	78,73	14,60
	Tonboden	5,48	78,17	16,35
Nach 12 Wochen	Sandboden . . .	4,31	56,42	39,27
	Lehmboden . . .	1,33	73,64	25,03
	Tonboden	0,00	69,03	30,97

Aus diesen Zahlen sehen wir den günstigen Einfluß der Feuchtigkeit auf die Salpeterbildung. Es wurden nach 6 Wochen Salpeterstickstoff

[1]) W. Robson, Inaugural-Dissertation.

gebildet im Sandboden bei niedrigem Wassergehalt 24,91%, bei höherem 60,07, im Lehmboden bei niedrigem Wassergehalt 5,38%, bei höherem 78,73, im Tonboden bei niedrigem Wassergehalt 2,01%, bei höherem 78,17%. Weiter ist interessant und praktisch wichtig, daß die salpeterbildenden Organismen einen niedrigen Wassergehalt im Sandboden viel besser vertragen, als einen solchen in den schwereren Bodenarten, welche das Wasser stark festhalten. Es wurden im Sandboden mit 6% Wasser nach 6 Wochen 24,91%, im Lehm- und Tonboden mit 8% Wasser dagegen nur 5,38% bezw. 2,01% Salpeterstickstoff gebildet; nach 12 Wochen im Sandboden mit 6% 40,55%, im Lehm- und Tonboden mit 8% nur 22,03 bezw. 9,78%, während bei einem höheren Wassergehalt sich die Salpeterbildung umgekehrt im Lehm- und Tonboden etwas günstiger gestaltete. Weiter zeigen diese Zahlen, daß die Salpeterbildung unter diesen natürlichen Verhältnissen nicht quantitativ stattgefunden hat, sondern daß ein Teil dadurch der Salpeterbildung entzogen wurde, daß er vom Ackerboden stark absorbiert bezw. in Organismeneiweiß umgewandelt worden war. Daß eine Eiweißbildung zum Teil in starkem Maße stattfindet, geht daraus hervor, daß in dem Sandboden nach 12 Wochen nur 56,42% als Salpeterstickstoff vorhanden waren; die als festgebundener Ammoniakstickstoff und Eiweißstickstoff aufgeführten Mengen in Höhe von 39,27% fallen hier jedenfalls fast in ihrer ganzen Menge auf die Eiweißbildung, da ja der Sandboden nur eine schwache Absorptionskraft für das Ammoniak aufweist.

6. Die Anwesenheit von kohlensaurem Kalk und kohlensaurer Magnesia. Diese rufen nicht nur die für den Oxydationsprozeß erwünschte schwach alkalische Bodenreaktion hervor, sondern sie haben auch die Aufgabe, die gebildete salpetrige Säure und Salpetersäure zu neutralisieren. Aus diesem Grunde wirkt eine Kalkzufuhr günstig auf den Verlauf der Salpeterbildung. Bei einem Versuch, welchen nach dieser Richtung hin der Verfasser mit einem Stalldünger anstellte, wurden z. B. folgende Zahlen gefunden:

2 kg Stalldünger	Salpeterstickstoff Vor dem Versuch	Nach drei Monaten
	g	g
Ohne Zusatz	0,64	1,71
3% kohlensaurer Kalk	0,64	2,81

Hierbei ist zu bemerken, daß der kohlensaure Kalk nicht nur die Salpeterbildung begünstigt, sondern auch den Verwesungsprozeß, welcher gleichzeitig hier stattfand.

Sehr empfindlich sind die salpeterbildenden Organismen gegen konzentriertere Salzlösungen. Es wirken daher starke Gaben von Salzen, z. B. stärkere Kalisalzgaben, wenn sie kurz vor der Bestellung gegeben werden, ungünstig auf die Salpeterbildung ein. Aus diesem Grunde darf man, um die erwünschte Salpeterbildung nicht zu unterdrücken, solche Salze in größeren Mengen nicht kurz vor der Bestellung verabreichen.

Der Verlauf der Verwesung und Salpeterbildung in den verschiedenen Bodenarten.

Die Verwesung und Salpeterbildung sind für die pflanzliche Ernährung zwei außerordentlich wichtige Vorgänge, denn durch sie werden die Pflanzenreste wieder in Pflanzennahrung (Kohlensäure, Ammoniak und Salpeter) zurückverwandelt. Die Bedingungen sind für beide Prozesse, wie wir gesehen haben, im großen und ganzen die gleichen; wird durch günstige Bedingungen der eine Prozeß gefördert, so wird auch der andere gefördert und umgekehrt. Wie gestalten sich nun diese beiden Prozesse in den verschiedenen Bodenarten?

Milder humoser Lehmboden: Hier liegen im allgemeinen die Verhältnisse am günstigsten. Es sind hier meist vorhanden:

Genügender Luftzutritt,
Günstige Feuchtigkeitsverhältnisse,
Genügendes Stickstoffmaterial,
Geringe Gefahr des Auswaschens des gebildeten Salpeters.

Poröse Sandböden: Hier liegen die Verhältnisse folgendermaßen:

Ausgezeichnete Luftzirkulation,
Häufig Mangel an Feuchtigkeit,
Desgleichen an Stickstoffmaterial,
Große Gefahr des Auswaschens des gebildeten Salpeters.

Mittel, um diesen Übelständen entgegenzuwirken, sind: Schwächere und häufigere Düngung, nicht zu zeitiges Unterbringen der organischen Stoffe (Gründüngung, Stalldünger). Bringt man dieselben schon im zeitigen Herbst unter, so findet bei den zu dieser Zeit noch günstigen Temperaturverhältnissen eine intensive Ammoniak- und Salpeterbildung statt, die mit großen Verlusten verbunden sind.

Undurchlässige Tonböden: Hier herrschen:

Ungenügende Luftzirkulation,
Häufig zu große Feuchtigkeit,
Mangel an Wärme.

Mittel, um diesen Übelständen entgegenzuwirken, sind: Intensive Bodenbearbeitung, Entwässerung, Zufuhr von organischen Stoffen und Ätzkalk.

Moorböden: Hier sind vorhanden:

Ungenügender Luftzutritt,
Häufig zu große Feuchtigkeit,
Niedrige Temperaturverhältnisse,
Reiches Stickstoffmaterial.

Mittel, um diesen Übelständen entgegenzuwirken, sind: Entwässerung, Moorsandkulturen, Zufuhr von Kalk.

Die Eiweißbildung und Salpeterzersetzung. Es findet im Boden nicht nur eine Überführung der unlöslichen Stickstoffverbindungen (Eiweißverbindungen) in lösliche (Amide, Ammoniak und Salpeter) statt, sondern auch

der umgekehrte Prozeß, d. h. eine Umwandlung dieser im Boden vorhandenen oder durch die Düngung ihm zugeführten löslichen Stickstoffverbindungen in unlösliche (Eiweißverbindungen). Dies ist auch ganz natürlich. Mit wenigen Ausnahmen gebrauchen alle niederen Organismen für ihr Leben lösliche Stickstoffverbindungen, die sie in Körpereiweiß umsetzen, und so kommt es, daß immer ein Teil der löslichen Stickstoffverbindungen wieder festgelegt wird. Hierbei ist zu bemerken, daß es sich im Naturboden meist nur um kleinere Mengen handelt und daß das so gebildete Eiweiß später wieder durch den Verwesungs- und Salpeterbildungsprozeß zu Ammoniak und Salpeter zurückverwandelt wird. Einen größeren Umfang kann die Eiweißbildung annehmen bei Gegenwart von großen Mengen frischer organischer Substanzen (z. B. Stalldünger), die als ausgiebige Kohlenstoffquelle die Tätigkeit der niederen Organismen stark fördern (siehe S. 98 bis 105). Der Salpeter ist auch insofern noch Verlusten ausgesetzt, als er durch gewisse niedere Organismen zu freiem Stickstoff reduziert werden kann. Es treten also Verluste in Form von freiem Stickstoff nicht nur bei der Verwesung auf, sondern auch durch Denitrifikation. Ein Versuch, welchen Verfasser W. Robson ausführen ließ, führte zu folgendem Ergebnis:

Von 100 Teilen Ammoniak- bezw. Salpeterstickstoff waren nach dem Versuch vorhanden:

Boden	Wassergehalt %	Zusatz	Festgebundener und Eiweißstickstoff %	Stickstoffverlust %	Zusatz	Festgebundener und Eiweißstickstoff %	Stickstoffverlust %
Sandboden	12	Ammonsulfat ohne org. Substanz	18,18	0,0	Salpeter ohne org. Substanz	23,83	0,0
		Ammonsulfat mit org. Substanz	26,18	0,0	Salpeter mit org. Substanz	19,50	11,43
Lehmboden	16	Ammonsulfat ohne org. Substanz	22,32	0,0	Salpeter ohne org. Substanz	14,35	0,0
		Ammonsulfat mit org. Substanz	43,20	0,0	Salpeter mit org. Substanz	10,03	14,67

Aus diesen Zahlen geht hervor, daß eine nennenswerte Eiweißbildung stattgefunden hat. Beim Ammonsulfat ist sie durch die Zugabe von organischer Substanz (Zucker) in nicht unerheblicher Weise erhöht worden, während beim Salpeter durch Zugabe von organischer Substanz Stickstoffverluste durch Reduktion des Salpeters zu freiem Stickstoff eingetreten sind. Daß es sich um nennenswerte Mengen von gebildetem Eiweißstickstoff handeln muß, geht daraus hervor, daß die Zugabe von Zucker, welcher die Absorptionskraft der Böden für das Ammoniak nicht zu erhöhen vermag, die Festlegung gesteigert hat und daß von dem schwach absorbierenden Sand nennenswerte Mengen von Ammoniak nicht so fest

gehalten werden können, daß sie durch eine Destillation mit Magnesia, welche bei der Analyse stattfand, nicht herausgetrieben worden wären.

Die Vermoderung und Verkohlung. Wird die Zersetzung von Pflanzenresten durch äußere Umstände, z. B. ungünstige Temperaturverhältnisse, besonders aber mangelhaften Luftzutritt, gehemmt, so wird Kohlensäure und Wasser nur in beschränktem Maße gebildet; es tritt infolge des Sauerstoffmangels der Kohlenstoff zum Teil als Kohlenoxyd, zum großen Teil in Form von Kohlenwasserstoffen, hauptsächlich als Methan, aus, der Wasserstoff zum Teil in Form von freiem Wasserstoff. Hierbei reichert sich der Rest an Kohlenstoff prozentisch immer mehr und mehr an, so daß man bei einem fortgeschrittenen Vermoderungsprozeß von einer Verkohlung spricht. Braunkohlen, Steinkohlen und Anthrazit sind solche Verkohlungsprodukte. Das jüngste Glied, die Braunkohlen, ist von diesen Produkten am kohlenstoffärmsten, das älteste Glied, der Anthrazit, am kohlenstoffreichsten. Es enthalten nach Ramann[1]):

	Kohlenstoff %	Wasserstoff %	Sauerstoff %	Stickstoff %
Torf	53—58	5—6	28—35	2
Braunkohle . .	55—75	3—6	10—26	0,8
Steinkohle . . .	74—93	0,5—5	3—30	0,8
Anthrazit . . .	über 90	0,5—3	0—3	Spur

Die Produkte werden also mit zunehmendem Alter immer sauerstoffärmer und kohlenstoffreicher.

Die Moorbildung und Vertorfung. Die Moorbildungen sind bestimmte Arten der Vermoderung. Moore entstehen, wo Pflanzenreste üppiger Vegetationen durch irgend welche Umstände, vorzugsweise durch größere oder kleinere Wassermengen, von der Luft ganz oder teilweise abgeschlossen werden. Sie stellen große Schichten unvollkommen vermoderter Pflanzenreste dar, bei denen der Mineralstoffgehalt stark zurücktritt. Die Beschaffenheit eines Moores richtet sich nach der Beschaffenheit des Untergrundes, auf dem die moorbildenden Pflanzen gewachsen sind und nach der Beschaffenheit der Zuflüsse, welche sie von außen her erhalten haben. Hiernach teilt man die Moorbildungen in 2 große Gruppen: Hochmoore und Niederungsmoore. Die Hochmoore entstanden auf armen, nie von nährstoffreichem Wasser getränkten Bodenarten aus den Resten anspruchsloser Pflanzen: Heidekraut, Wollgras, Torfmoosen. In ihren tiefsten Schichten pflegen sie aus Ansammlungen von halbvermoderten (vertorften) Heidekrautresten (Heidetorf) zu bestehen. Auf dem Heidetorf ruht eine mehr oder weniger mächtige Schicht von vertorften Torfmoosen (Moostorf). Die Hochmoore bezeichnet man auch als Überwassermoore, da sie sich auf einem über dem gewöhnlichen Grundwasserspiegel gelegenen Boden bildeten. Die Niederungsmoore

[1]) E. Ramann, Bodenkunde.

bildeten sich auf einem nährstoffreicheren, besonders kalkreicheren Boden oder unter dem Einfluß eines nährstoffreichen Wassers. An ihrer Entstehung beteiligen sich anspruchsvollere Pflanzen, namentlich die kalkliebenden Gräser, Laubmoose, häufig auch Holzgewächse (Erlen, Weiden, Eichen usw.). Die Niederungsmoore entstanden meist in geschlossenen Wasserbecken oder im Überschwemmungsgebiet natürlicher Wasserläufe, daher werden sie auch Unterwassermoore genannt. Die Niederungsmoore sind während ihrer Bildung nicht selten durch Sand- und Tonschichten durchsetzt worden. Außer den typischen Hoch- und Niederungsmooren gibt es eine Anzahl von Moorbildungen, die ihrem Charakter nach in der Mitte liegen und sich mehr oder weniger den Hochmooren oder Niederungsmooren nähern; man bezeichnet diese Zwischenstufen als Übergangsmoore.

Der prozentische Gehalt der Moor-Trockensubstanz an Pflanzennährstoffen beträgt im Durchschnitt:

	Stickstoff %	Asche %	Kali %	Kalk %	Phosphorsäure %
Hochmoor	0,8—1,2	3,0	0,05	0,25	0,10
Niederungsmoor . .	2,5—4	10,0	0,10	4,00	0,25
Übergangsmoor . .	2,0	5,0	0,10	1,00	0,20—5,0

Die Niederungsmoore sind demnach erheblich nährstoffreicher, besonders stickstoff- und kalkreicher als die Hochmoore. Dazu kommt, daß die Nährstoffe der Niederungsmoore infolge ihrer schnelleren Umsetzung den Pflanzen leichter zugänglich sind als die der Hochmoore.[1])

Drittes Kapitel.

Die verschiedenen Bodenarten, ihre Eigenschaften und Umwandlungen durch menschliches Eingreifen.

1. Die Einteilung der Böden.

Die Einteilung der Böden kann man in verschiedener Weise vornehmen; brauchbar ist aber nur eine solche, welche den landwirtschaftlichen Wert der Böden erkennen läßt. Nicht geeignet ist eine Einteilung der Böden nach geologischen Kennzeichen. Bezeichnungen, wie z. B. Buntsandsteinboden, Keuperboden, Diluvialboden, Alluvialboden lassen wohl das relative Alter der Böden erkennen, kennzeichnen aber nicht ohne weiteres den landwirtschaftlichen Wert. Buntsandsteinböden können fruchtbare und unfruchtbare Böden sein, zu den Alluvialböden gehören die fruchtbarsten Marsch- und Aueböden und der unfruchtbarste Dünensand usw. Auch eine Einteilung nach dem Muttergestein, wie

[1]) Näheres hierüber s. Arbeiten von M. Fleischer und B. Tacke.

z. B. Granit-Basalt-Tonschieferboden, besagt nichts über den Wert der Böden, da aus ein und demselben Gestein, je nachdem diese oder jene physikalischen und chemischen Vorgänge bei der Bodenbildung eintreten, die verschiedensten Böden entstehen können. Der Granit kann einen fruchtbaren Lehmboden, aber auch einen unfruchtbaren Sandboden liefern (siehe S. 165—167). Auch eine Einteilung in Primitiv- oder Verwitterungsböden und Derivat- oder Schwemmböden führt, wenn sie auch schon etwas mehr über den landwirtschaftlichen Wert der Böden besagt, nicht zum Ziel. Unter Primitiv- oder Verwitterungsböden verstehen wir solche Böden, welche unmittelbar aus dem anstehenden Gestein hervorgegangen sind und noch über ihren Muttergesteinen lagern (Verwitterungsböden der Urgesteine und Verwitterungsböden der Sedimentgesteine). Unter Derivat- oder Schwemmböden verstehen wir solche Böden, welche durch Wasser, Eis oder Wind von dem Ort ihrer Entstehung fortgeführt und auf fremden Gesteinsunterlagen sich befinden (Schwemmböden der Urgesteine und Schwemmböden der Sedimentgesteine). Diese Gruppierung kann charakteristische Unterschiede zeigen insofern, als die Schwemmböden meist aus feineren Gesteinselementen bestehen, als die Verwitterungsböden, die einen Transport nicht durchgemacht haben. Andererseits können aber auch Verwitterungsböden unter sich und Schwemmböden unter sich wieder sehr verschieden, Verwitterungsböden, besonders die Verwitterungsböden der Sedimentgesteine den Schwemmböden wieder sehr ähnlich sein. Man sollte nun denken, daß eine Einteilung nach dem ökonomischen Einteilungssystem, d. h. nach Kornerträgen oder Fruchtgattungen, Bezeichnungen wie Rübenboden, Weizenboden, kleefähige Böden usw. besonders geeignet wären, den landwirtschaftlichen Wert erkennen zu lassen. Hierbei ist aber zu bedenken, daß die Höhe der Erträge und das Gedeihen der verschiedenen Fruchtgattungen nicht allein vom Boden, sondern auch vom Klima und der ganzen Art der Bewirtschaftung abhängig ist. Die geeignetste Einteilung ist und bleibt die Einteilung der Böden auf physikalisch-chemischer Grundlage, d. h. nach ihren Hauptgemengteilen, „sandigen, tonigen und humosen Stoffen". Eine solche Einteilung hat zuerst Albrecht Thaer vorgenommen, welcher die Böden einteilte in:

Tonböden, Lehmböden, sandige Lehmböden, lehmige Sandböden, Sandböden, humose Böden und Kalkböden.

Diese Einteilung ist im großen und ganzen beibehalten worden, indem wir die Bodenarten einteilen in:

Steinböden, Sandböden, Lehmböden, Tonböden, Kalkböden, Humusböden und Moorböden (Hoch- und Niederungsmoorböden).

In diesem System kommen die physikalischen Eigenschaften, die chemische Zusammensetzung der Böden und auch die bakteriologischen Verhältnisse, welche drei Faktoren in erster Linie den Kulturwert der Böden bedingen, am besten zum Ausdruck. Selbstverständlich ist eine solche Einteilung nicht erschöpfend insofern, als es noch zahlreiche Zwischenstufen gibt.

2. Die Eigenschaften der Böden.

a) Die mechanische Zusammensetzung der Böden.

Die mehr oder weniger günstigen physikalischen Eigenschaften der verschiedenen Bodenarten, d. h. ihre Wasser-, Luft- und Wärmeverhältnisse werden vorzugsweise bedingt durch ihren Gehalt an sandigen, tonigen und humosen Stoffen.

Unter Sand versteht man die gröberen Gemengteile, die in Wasser schnell zu Boden sinken und meist überwiegend aus Quarz bestehen, aber auch noch zahlreiche weniger oder mehr zersetzte andere Gesteinstrümmer, wie Feldspat, Glimmer, Kalksteine usw. enthalten können.

Unter tonhaltigen Stoffen versteht man die feinkörnigen Gemengteile, die im Wasser sich lange schwebend erhalten und dadurch von dem Sande abgeschlämmt werden können. Die tonigen Bestandteile (Rohton) bestehen hauptsächlich aus den feinen Verwitterungsprodukten der Silikate, vorzugsweise aus Ton (Kaolin), größeren Mengen von fein zerriebenem Quarz (Quarzmehl), aus kleineren Mengen noch weniger verwitterten Silikaten seiner Beschaffenheit und anderen feineren Gesteinselementen, wie Eisenoxyd usw.

Die humosen Stoffe bestehen aus pflanzlichen Resten in den verschiedensten Zersetzungsstadien.

Bei der Wertschätzung des Bodens sind die physikalischen Verhältnisse mindestens so wichtig, man kann sogar sagen wichtiger, als die chemischen, d. h. als der Nährstoffgehalt des Bodens. Einen guten Nährstoffgehalt kann man leicht durch die Düngung herstellen, einen guten physikalischen Zustand aber sehr schwer; ein Tonboden bleibt immer ein Tonboden, ein Sandboden immer ein Sandboden.

Die sandigen und tonigen Bestandteile. Trotzdem die feinen Verwitterungsprodukte (die tonigen Bestandteile) den Hauptsitz der aufnehmbaren Nährstoffe bilden, so ist ein rein aus solchen Stoffen bestehender Boden kein geeignetes Kulturmedium, weil die tonigen Bestandteile Eigenschaften zeigen, welche für das Wachstum der Pflanzen nicht günstig sind. Sie sind undurchlässig für Wasser und saugen sich derartig mit Wasser voll, daß die notwendige Luftzirkulation unterbleibt und eine mangelhafte Erwärmung des Bodens stattfindet (naßkalte Böden). Beim Austrocknen ziehen sie sich zu einer steinharten Masse zusammen, welche eine harte Kruste bildet und somit den Pflanzen einen ungünstigen Standort gewährt.

Auf der anderen Seite besitzt ein rein aus Sand oder Kies bestehender Boden nicht den nötigen Zusammenhang. Sein Wasserfassungsvermögen ist ein sehr kleines; das Wasser fließt in den großen Zwischenräumen dem Untergrund zu, infolgedessen ein aus Sand bestehender Boden an großer Dürre leidet. Es fehlen auch dem Sande die nötigen Nährstoffe, da diese ihren Sitz hauptsächlich in den abschlämmbaren Teilen haben.

Bezeichnung der Böden		Mechanische Zusammensetzung der Krume: Es blieben auf den Sieben von Maschenweite										Chemische Zusammensetzung der Krume (Korngrößen kleiner als 2 mm) 100 Teile Erde enthalten				Untergrund
		Kies			Gesamtkies	Grobsand			Gesamtgrobsand	Feinerde						
										Feinsand	Staub		Stickstoff	Phosphorsäure	Kali	Kalk	
		5 mm %	3 mm %	2 mm %	%	1 mm %	0,5 mm %	0,2 mm %	%	%	Staubsand %	Abschlämmbar %	%	%	%	%	
Sandböden	1	0,2	0,6	0,7	1,5	6,6	32,6	32,7	71,9	6,0	11,7	8,9	0,054	0,046	0,090	0,058	Kalkarm
	2	1,8	1,5	1,4	4,7	7,9	16,3	33,8	58,0	20,8	10,9	5,6	0,045	?	0,054	0,130	„
	3	0,2	0,8	1,0	2,0	8,0	13,7	35,8	57,5	30,2	6,6	3,7	0,045	?	0,041	0,065	„
	4	5,6	0,7	0,8	7,1	7,6	7,4	24,9	39,9	47,2	4,3	1,5	0,045	?	Spuren	0,079	„
Lehmige Sandböden	1	2,6	2,1	1,6	6,3	6,2	11,7	17,2	35,1	25,2	20,9	12,5	0,081	0,049	0,180	0,151	„
	2	1,4	0,9	0,7	3,0	2,3	7,0	22,6	31,9	32,1	19,6	13,4	0,063	0,060	0,148	0,086	„
Sandige Lehmböden	1	0,0	0,4	0,2	0,6	0,6	2,9	10,9	14,4	28,1	37,6	19,3	0,070	0,138	0,290	1,160	ca. 3 % Kalk
	2	0,1	0,6	0,5	1,2	3,9	5,4	8,5	17,8	28,8	30,7	21,5	0,081	0,102	0,298	1,278	„ 0,5 % „
	3	2,6	1,8	1,2	5,6	2,3	2,9	6,4	11,6	15,3	51,0	16,5	0,099	0,129	0,189	3,200	„ 5,0 % „
Lehmböden	1	0,2	0,1	0,2	0,5	0,4	0,3	1,4	2,1	6,9	60,7	29,8	0,120	0,115	0,459	0,320	Spuren Kalk
	2	0,2	0,2	0,2	0,6	0,4	0,6	1,2	2,2	12,4	63,3	21,5	0,140	0,061	0,310	3,460	ca. 10 % Kalk
	3	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,6	0,8	4,9	71,2	23,0	0,120	0,080	0,370	1,140	„ „ „
Tonböden	1	17,9	2,0	0,8	20,7	1,1	0,9	2,5	4,5	11,9	22,2	40,7	0,189	0,196	0,558	9,252	ca. 15 % Kalk
	2	1,7	2,0	0,9	4,6	1,2	0,6	1,8	3,6	16,9	27,9	47,0	0,150	0,097	0,580	0,640	Kalkarm
	3	7,0	4,2	3,5	14,7	5,3	2,1	2,8	10,2	8,7	35,8	30,6	0,192	0,129	0,320	0,416	„
	4	0,1	0,1	0,1	0,3	0,1	0,1	0,8	1,0	9,5	41,5	47,7	0,150	0,166	0,720	0,440	„

Bei der Beurteilung einer Ackererde sehe man zunächst:

1. Auf den Gehalt an abschlämmbaren Teilen. Bewegt sich dieser über 10%, so wird hierdurch schon ein gewisser Nährstoffreichtum gewährleistet, da sich die assimilierbaren Mineralstoffe vorzugsweise in den abschlämmbaren Teilen befinden.

2. Vergleiche man den Gehalt an abschlämmbaren Teilen mit dem Staubsand. Ist der Gehalt an Staubsand bei genügender Menge von abschlämmbaren Bestandteilen hoch, so hat man es mit einem mechanisch guten Boden, ist er niedrig, mit einem mechanisch schlechten Boden zu tun.

Die humosen Stoffe. Von diesen ist die mechanische Beschaffenheit der Böden auch außerordentlich abhängig. Man bezeichnet einen Boden:

bis 2%	Humus	als	humusarm,
2—5	„	„	„	normal,
5—10	„	„	„	humos,
10—15	„	„	„	humusreich,
15—30	„	„	„	anmoorig,
30—100	„	„	„	Moorboden.

Die Humusstoffe sind porös und lockern in erwünschter Weise die Ackerkrume, sie absorbieren in starkem Maße Wasser und halten dasselbe in ihren Poren zurück. Humose Bodenarten sind daher in ihren Wasserverhältnissen innerhalb gewisser Grenzen meist günstiger gestellt als humusarme. Andererseits liegt bei sehr humusreichen Böden leicht die Gefahr eines Wasserübermaßes vor, so daß gerade bei solchen Böden für die Entwässerung gesorgt werden muß. Bei Übermaß von Feuchtigkeit wird der Luftzutritt verhindert, infolgedessen besonders in humusreichen Böden Reduktionsprozesse stattfinden. So können hier leicht Sulfate zu Sulfiden, Nitrate zu Nitriten reduziert werden, wobei freie Humussäuren die Mineralsäuren frei machen können, die besonders schädigend wirken. Die dunkle Farbe der Humusstoffe befähigt dieselben, sich schnell zu erwärmen und eine hohe Temperatur anzunehmen, besitzt aber andererseits das ungünstige Verhalten, sich ebenso schnell wieder abzukühlen. Infolgedessen treten bei stark humosen Böden Nachtfröste leicht verheerend ein. Was das chemische Verhalten der Humusstoffe betrifft, so liefern sie bei ihrer Zersetzung Kohlensäure, Ammoniak und Salpeter. Diese günstigen Umsetzungen werden durch Kalk sehr begünstigt.

Die chemische Bestimmung der Humusstoffe. Diese erstreckt sich auf den Gesamtgehalt an organischen Stoffen. Bei Böden, welche einen geringen Gehalt an kohlensaurem Kalk und abschlämmbaren Teilen aufweisen, wie Sandböden und Torfböden, kann die Gesamtmenge der organischen Stoffe mit genügender Genauigkeit durch einen Glühverlust der trocknen Böden ermittelt werden. Bei Böden mit einem höheren Gehalt an kohlensaurem Kalk und abschlämmbaren Teilen genügt diese Bestimmung nicht. Bei diesen muß eine Verbrennungsanalyse stattfinden, bei welcher die gebildete Kohlensäure ermittelt wird. Zur Zersetzung des kohlensauren Kalkes, welcher bei der Verbrennung Kohlensäure abgeben würde,

behandelt man den Boden vor der Verbrennung am besten nach dem Vorschlag von Loges mit Phosphorsäure. Vielfach kommt zur Anwendung eine Methode, welche auf der Oxydation der organischen Stoffe mit Chromsäure bezw. saurem chromsaurem Kalium beruht. Diese Methode ist weniger genau. Bei der Verbrennungsanalyse nimmt man an, daß die organische Substanz des Bodens einen Kohlenstoffgehalt von 58% hat und multipliziert die Menge der gefundenen Kohlensäure mit 0,471. Die so erhaltene Zahl stellt den Humusgehalt des Bodens dar.[1])

b) Die chemische Zusammensetzung der Böden.

Diese ist bei den verschiedenen Böden außerordentlich verschieden, was ja nach der so verschiedenen Zusammensetzung des Muttergesteins und den verschiedenen Vorgängen bei der Bodenbildung sehr erklärlich ist. Die Mineralstoffe bestehen zum größten Teil aus Kiesel- und Tonerdemineralien (hauptsächlich Sand und Ton). Die Pflanzennährstoffe sind nur in verhältnismäßig geringer Menge in den Böden vorhanden, eine Ausnahme macht der Kalk bei gewissen Böden. Im Gegensatz zu den Mineralböden bestehen die Moorböden vorzugsweise aus organischen Stoffen und nur zum kleineren Teil aus Mineralstoffen. Wie verschieden die Zusammensetzung der Böden ist, zeigt Fleischer in folgender Zusammensetzung:

Böden in trocknem Zustande:

	Sandboden[2])	Lehmboden[2])	Tonboden[3])	Kalkboden[4])	Humus-Boden (humoser Tonboden)[5])	Hochmoorboden[3])	Niederungsmoorboden[3])
Organische Stoffe %	?	?	8,54	12,06	21,40	93,29	84,18
Stickstoff %	?	?	0,26	0,25	0,78	1,30	3,35
Mineralstoffe %	98,00	97,92	91,46	87,94	78,60	6,71	15,82
Kali (K_2O) %	1,14	1,06	2,60	0,85	1,96	0,05	0,06
Natron (Na_2O) %	0,48	0,37	1,17	0,22	1,16	0,05	0,04
Kalk (CaO) %	0,25	2,86	5,97	29,96	1,94	0,23	4,06
Magnesia (MgO) %	0,11	0,88	2,22	0,48	1,71	0,23	0,25
Eisenoxyd (Fe_2O_3) %	0,47	5,20	4,60	1,16	4,11	} 0,60	4,68
Tonerde (Al_2O_3) %	2,85	7,04	15,12	6,82	15,20		
Kieselerde (SiO_2) %	92,62	78,69	54,53	25,44	52,23	5,24	5,63
Schwefelsäure (SO_3) %	0,01	0,01	0,17	0,10	0,01	0,20	0,87
Phosphorsäure (P_2O_5) %	0,07	0,18	0,20	0,22	0,20	0,08	0,29
Kohlensäure (CO_2) %	—	1,63	4,63	23,54	0,03	0,00	0,00
Chlor (Cl) %	?	?	0,11	—	Spur	Spur	Spur

[1]) Näheres hierüber J. König, Die Untersuchung landwirtschaftlich und gewerblich wichtiger Stoffe. Berlin, Verlag von Paul Parey.

[2]) Diluvialsand- und Diluviallehmboden (E. Ramann, Bodenkunde).

[3]) Wesermarschboden und Moorböden (Moor-Versuchsstation).

[4]) Weißer Jura-Kalkboden (E. v. Wolff).

[5]) Russische Schwarzerde (Tschernosem, C. Schmidt).

Diese Zahlen geben den prozentischen Gehalt der Trockenmasse eines Bodens an den einzelnen Bestandteilen wieder, nicht aber die absoluten Mengen, welche in einem bestimmten Volumen vorhanden sind. Nach Fleischer sind in 1 cbm Boden bei einem reichlichen Feuchtigkeitsgehalte folgende Mengen von festen Bestandteilen in abgerundeten Zahlen vorhanden:

	Sand-boden	Lehm-boden	Ton-boden	Kalk-boden	Humoser Ton-boden	Hoch-moor-boden	Niederungs-moorboden
Wassergehalt:	10	20	35	20	40	70	65%
ca.	1500	1200	1000	800	600	120	250 kg

Unter Zugrundelegung dieser Zahlen sind in ein 1 cbm feuchten Bodens folgende Mengen von Stoffen enthalten:

	Sand-boden	Lehm-boden	Ton-boden	Kalk-boden	Humoser Ton-boden	Hoch-moor-boden	Niederungs-moor-boden
Organische Stoffe kg .	?	?	85	96	128	112	210
Stickstoff kg	?	?	2,6	2,0	4,7	1,6	8,4
Mineralstoffe kg . .	1470	1175	915	704	472	8	40
Kali kg	17,1	12,7	26,0	6,8	11,8	0,06	0,15
Kalk kg	3,8	34,3	59,7	239,7	11,6	0,3	10,2
Phosphorsäure kg . .	1,1	2,2	2,0	1,8	1,2	0,1	0,7

Infolge des verschiedenen Volumengewichtes der Böden ist das Bild ein anderes geworden. So enthält z. B. der Hochmoorboden, dessen feste Bestandteile fast zu 100% aus organischen Stoffen bestehen, in 1 cbm nicht viel mehr organische Stoffe als der obige Tonboden mit seinen nur 8,5% organischen Stoffen. Grund hierfür ist das geringe Volumengewicht des Humus und dessen hoher Wassergehalt.

Aus den Zusammenstellungen ist zu ersehen, daß die eigentlichen Pflanzennährstoffe — eine Ausnahme macht hier und da der Kalk — in nur geringen Mengen in allen Böden vorhanden sind, und trotzdem würde eine Ackererde, wenn diese Mengen in aufnehmbarer Form vorhanden wären, imstande sein, das Nährstoffbedürfnis der Pflanzen für eine sehr lange Reihe von Jahren zu decken. Sämtliche Nährstoffe sind nun aber in schwer löslicher Form vorhanden, so daß nur in jedem Jahre der Pflanze verhältnismäßig kleine Mengen von Nährstoffen zufließen.

c) Die chemische Bodenanalyse, der Vegetationsversuch, der prozentische Nährstoffgehalt der Pflanze und das Nährstoffbedürfnis der Böden.

Die chemische Bodenanalyse und das Nährstoffbedürfnis der Böden.

Durch die chemische Analyse können wir leicht feststellen, wieviel Nährstoffe ein Boden enthält und wie weit diese in verschiedenen chemischen Lösungsmitteln löslich sind, nicht aber wieviel die Pflanzen

von ihnen in einer Vegetationszeit aufzunehmen vermögen. Man hat seit langer Zeit versucht, mit Hilfe von schwachen chemischen Lösungsmitteln, z. B. mit 2prozent. Zitronensäure, 0,1prozent. Mineralsäuren, kohlensäurehaltigem Wasser usw. oder Salzlösungen das Düngerbedürfnis der Böden zu ermitteln, aber ohne Erfolg. Dies ist erklärlich, da wir im Laboratorium die Vorgänge, so wie sie sich in der Natur abspielen, nicht nachahmen können. Die Lösung der Nährstoffe erfolgt im Boden vorzugsweise durch Kohlensäure und durch organische Säuren, welche die Wurzeln ausscheiden. Das Lösungsvermögen ist nun bei den verschiedenen Kulturpflanzen sehr verschieden, z. B. bei den Leguminosen ein sehr viel größeres als bei den Zerealien[1]), so daß wir mit einer bestimmten schwachen Säure das verschiedene Lösungsvermögen der Pflanzen nicht nachahmen können. Dazu kommt nun, daß sich an der Aufschließung und Festlegung der Nährstoffe auch zahlreiche bakteriologische Vorgänge beteiligen und auch Luft-, Wasser- und Wärmeverhältnisse, Absorptionserscheinungen usw. hierbei eine große Rolle spielen, also solche Faktoren, welche wir im Laboratorium nicht nachahmen können.

Wie weit gibt uns die chemische Bodenanalyse einen Aufschluß über das Nährstoffbedürfnis eines Bodens?

1. Der Kalk. Dieser kommt in der Ackererde hauptsächlich in folgenden Formen vor: a) als kohlensaurer Kalk und humussaurer Kalk (letzterer hauptsächlich nur in Moorböden), b) als phosphorsaurer Kalk, c) als Silikate, d) als schwefelsaurer Kalk (Gips). Sind ansehnliche Mengen von kohlensaurem Kalk vorhanden, welcher die beste Form des Kalkes darstellt, so macht sich dies durch ein starkes Aufbrausen der betreffenden Ackererde mit Säuren (z. B. Salzsäure) bemerkbar. Der Kalkzustand ist in diesem Falle ohne weiteres als ein guter zu bezeichnen. Aber auch bei Abwesenheit von kohlensaurem Kalk kann der Kalkzustand des Bodens ein guter sein, weil vor allen Dingen die leichter löslichen Silikate, wie D. Meyer gezeigt hat, wirksam sind. Diese, sowie der Gips,[2]) sind in einer 10prozent. Chlorammoniumlösung löslich und werden auf diese Weise bestimmt. Enthält nun ein Boden nennenswerte Mengen von in Chlorammonium löslichem Kalk, so ist ein Kalkbedürfnis der Böden meistens auch nicht vorhanden. Man kann annehmen, daß ein Kalkgehalt von 0,20—0,25% (in Chlorammonium löslich) als ausreichend anzusehen ist, vorausgesetzt, daß der Boden nicht ausgesprochen sauer reagiert. Bei Sandböden ist auch meist bei einem geringeren Kalkgehalt ein Kalkbedürfnis nicht vorhanden, vorausgesetzt, daß die Böden keine stark saure Reaktion zeigen. Erst wenn der Kalkgehalt der Sandböden ein sehr niedriger ist, tritt eine Kalkreaktion ein. Untersuchungen von D. Meyer führten z. B. zu folgendem Ergebnis:

---

[1]) Hierüber haben Th. Dietrich und E. Haselhoff sehr interessante Versuche ausgeführt.

[2]) Gips ist in den meisten Böden nicht oder nur in geringer Menge vorhanden.

Boden	Kalkgehalt (in Chlorammonium löslich) %	Reaktion	Kalkwirkung
1. Lößlehmboden . . .	0,484	schwach alkalisch	nicht vorhanden
2. „ . . .	0,536	neutral bis schwach alkalisch	„ „
3. Sandboden	0,264	alkalisch	„ „
4. „	0,136	neutral	„ „
5. „	0,144	„	„ „
6. „	0,032	sauer	vorhanden.

Ein ausgesprochenes Kalkbedürfnis zeigte nur der Sandboden 6, welcher nur 0,032 % Kalk enthält und sauer reagiert.

Einen Anhalt über die Kalkbedürftigkeit gibt auch vielfach die von Christensen und Larsen empfohlene Azotobakterprobe.

Eine andere Frage ist die mechanische Verbesserung des Bodens durch den Kalk. Diese Frage hat mit der Nährstoffbedürftigkeit des Bodens nichts zu tun. Es gibt schwere Böden mit einem hohen Kalkgehalt, bei welchen eine mechanische Verbesserung durch größere Mengen von Ätzkalk immer am Platze ist.

2. Das Kali. Über das Kalibedürfnis des Bodens gibt uns einen gewissen Anhalt die mechanische Bodenanalyse, insofern, als das leichter aufnehmbare Kali sich in den abschlämmbaren Bestandteilen der Böden befindet und im allgemeinen die Böden um so kalireicher sind, je reicher sie sind an abschlämmbaren Bestandteilen. Die schweren Böden (Ton- und Lehmböden), welche reich sind an abschlämmbaren Bestandteilen, sind deshalb auch meist reich an Kali, die Sand- und Moorböden, speziell die Hochmoorböden, welche arm sind an abschlämmbaren Bestandteilen, sind auch meist arm an Kali. Selbstverständlich gibt es einzelne Ausnahmen; denn es kann ja auch ein schwerer Boden aus einem kaliärmeren Muttergestein entstanden sein bezw. ihm durch verschiedene Prozesse das Kali des Muttergesteins entzogen sein. Im allgemeinen entspricht aber einem hohen Gehalt an abschlämmbaren Bestandteilen ein hoher Kaligehalt, einem niedrigen Gehalt an abschlämmbaren Bestandteilen ein niedriger Kaligehalt. Dies zeigen z. B. die Zahlen der Tabelle S. 184.

	Abschlämmbare Teile %	Kali[1]) %
Sandböden	4,9	0,046
Lehmige Sandböden	12,9	0,164
Sandige Lehmböden	19,1	0,259
Lehmböden	24,8	0,380
Tonböden	41,5	0,545

Je höher also der Gehalt an abschlämmbaren Bestandteilen, desto höher auch der Kaligehalt. So enthalten jene Sandböden nur ganz geringe Mengen von abschlämmbaren Bestandteilen und dementsprechend zeigen diese einen ganz niedrigen Kaligehalt, die Tonböden einen sehr hohen Gehalt an abschlämmbaren Bestandteilen und dementsprechend den höchsten Kaligehalt; dazwischen liegen die

[1]) In 10prozent. Salzsäure löslich.

anderen Bodenarten. Selbstverständlich gibt es auch, wie gesagt, von dieser allgemeinen Regel Ausnahmen, welche aber nur seltener vorkommen dürften.

Kann man nun das Kalidüngebedürfnis direkt aus dem Kaligehalt der Böden ableiten? Im allgemeinen lohnen die kaliarmen Sandböden eine Kalidüngung mehr wie die besseren, kalireicheren Böden; jedoch gibt es zahlreiche Fälle, in welchen die letzteren für eine Kalidüngung ebenso dankbar sind, unter Umständen noch dankbarer wie die ersteren. Hierfür dürften die beiden folgenden Gründe anzusehen sein.

1) Ist das Kalibedürfnis der Ernten auf den besseren Böden infolge ihrer größeren Produktionsfähigkeit meist ein weit höheres als das der Ernten auf leichteren Böden.

2) Ist die Löslichkeit des Kalis der besseren Böden eine geringere als die des Kalis der leichteren Böden. Wenn auch die kalireicheren Böden meist größere absolute Mengen von Kali an die Pflanzen abgeben, so wird doch prozentisch das Kali der besseren Böden erheblich schlechter ausgenutzt als das der leichteren Böden. Dies zeigen z. B. zahlreiche Untersuchungen Wagners[1]). Diese führten zu folgendem Ergebnis:

a) Versuchspflanzen: Rotklee, Kartoffeln, Rüben, Gerste.

	Bodenkali pro Gefäß g	Aufgenommene Kalimenge g	Aufgenommene Kalimenge %
Lehmboden	34,75	1,502	4,3
Lehmiger Sandboden . . .	13,04	0,963	7,4
Sandboden	7,53	0,560	7,4

b) Versuchspflanzen: Hafer, Erbsen, Wicken, Weizen, Roggen, Gerste.

	Bodenkali pro Gefäß g	Aufgenommene Kalimenge g	Aufgenommene Kalimenge %
Lehmboden	11,54	0,520	4,5
Lehmiger Sandboden . . .	4,34	0,373	8,6
Sandboden	2,51	0,265	10,6

c) Versuchspflanze: Italienisches Raigras. (Dreijähr. Versuch.)

	Bodenkali pro Gefäß g	Aufgenommene Kalimenge g	Aufgenommene Kalimenge %
Humusreicher Sandboden .	0,976	0,643	65,9
Sandboden	2,623	1,447	55,2
Sandiger Lehmboden . . .	4,169	2,375	57,0
Lehmboden	12,159	3,998	32,9
Sandiger Lehmboden . . .	15,967	2,784	17,4
Lehmboden	11,786	2,199	18,7

[1]) Arbeiten der D. L.-G. Heft 96.

Aus diesen Zahlen geht hervor, daß die kalireicheren besseren Böden meist höhere absolute Mengen von Kali an die Pflanzen abgeben als die kaliärmeren leichteren Böden, daß aber prozentisch das Kali der besseren Böden schlechter ausgenutzt wird als das der leichteren, daß also das letztere leichter löslich ist, als das erstere. So hatte z. B. beim letzten Versuch der erstere sandige Lehmboden mehr Kali an die Pflanzen abgegeben als der letzte Lehmboden, welcher ungefähr dreimal so viel Kali enthielt.

Diese beiden Punkte geben eine Erklärung dafür, daß die besseren Böden trotz ihres Kalireichtums eine Kalidüngung oft lohnen, unter Umständen mehr als die leichteren Böden, welche leichter ihr Kali an die Pflanzen abzugeben vermögen und das Kalibedürfnis der geringeren Sandbodenernten oft leichter stillen als die besseren Böden das Kalibedürfnis ihrer höheren Ernten. Außerdem lassen die Zahlen erkennen, daß das Kali von Böden ein und derselben Klasse in ganz verschiedenem Maße löslich ist. So gab beim letzten Versuch der zuerst angeführte Lehmboden 32,9 %, der letztere, welcher ungefähr ebenso kalireich war, nur 18,7 % seines Kalis an die Pflanzen ab.

Einen gewissen Anhalt über die Aufnehmbarkeit des Kalis seitens der Pflanze gibt uns die Löslichkeit des Kalis in verdünnten Säuren (verdünnter Salzsäure, verdünnter Zitronensäure, Kohlensäure). Hieraus aber das Kalibedürfnis der Böden für die Praxis ableiten zu wollen, dürfte aus den obigen Gründen nicht zulässig sein.

3. Die Phosphorsäure. Die Phosphorsäure ist im Boden hauptsächlich vorhanden in Form von schwerlöslichem Trikalziumphosphat und leichter löslichem Dikalziumphosphat. Dieselben Formen kommen, wenn auch in geringerer Menge, als Eisen- und Aluminiumsalze vor. Aus dem Gehalt an Gesamtphosphorsäure kann man nun nicht ohne weiteres auf das Phosphorsäurebedürfnis der Böden schließen, da die Phosphorsäure der verschiedenen Böden in ganz verschiedenem Maße den Pflanzen zugänglich ist. Es zeigen dies folgende Versuche, welche der Verfasser[1]) in Gemeinschaft mit D. Meyer und H. Frese mit 10 verschiedenen Bodenarten anstellte:

	Abschlämmbare Teile %	Gesamtphosphorsäure %	Zitronensäurelösliche Phosphorsäure %	
Schwerer Lößlehmboden (Nr. 9)	39,5	0,814	0,445	keine Reaktion
Sandboden (Nr. 2)	9,2	0,158	0,053	keine Reaktion
„ (Nr. 1)	3,0	0,048	0,020	keine Reaktion
Tonboden (Nr. 10)	60,1	0,158	0,014	geringe Reaktion
Sandiger Lehmboden (Nr. 5) .	16,7	0,093	0,013	geringe Reaktion
Anmooriger Sandboden (Nr. 3)	7,8	0,072	0,014	stärkere Reaktion
Lehmiger Sandboden (Nr. 4) .	12,4	0,050	0,010	stärkere Reaktion
Lößlehmboden (Nr. 6) . . .	23,0	0,084	0,015	stärkere Reaktion
Schwerer Lößlehmboden (Nr. 7)	32,3	0,148	0,021	stärkere Reaktion
„ „ (Nr. 8)	38,0	0,080	0,016	stärkere Reaktion

[1]) Arbeiten der agr.-chem. Versuchsstation Halle a. S., I.

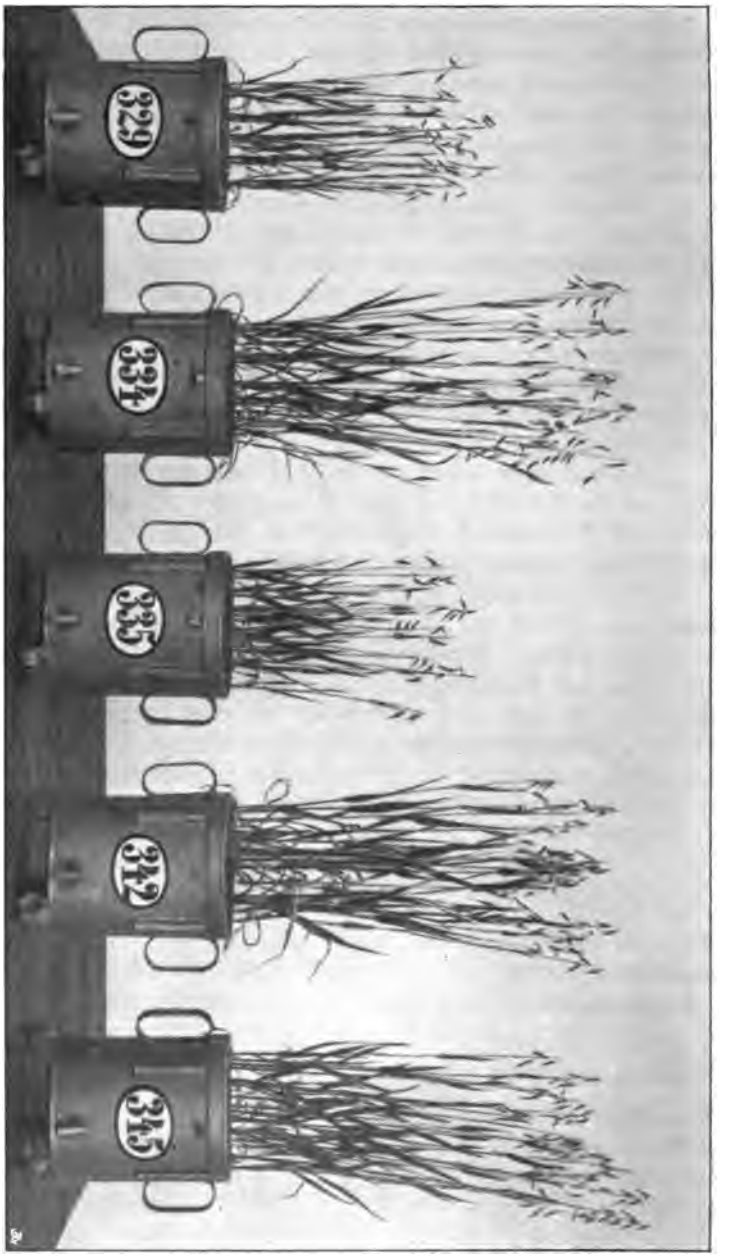


Abb. 15.

329 Sand ohne Phosphorsäure

334 Sand + 0,3 g P_2O_5 in Form von Thomasmehl

335 Sand + 0,3 g P_2O_5 in Form von Lößlehmboden Nr. 6

342 Sand + 0,3 g P_2O_5 in Form von Sandboden Nr. 2

345 Sand + 0,3 g P_2O_5 in Form von Sandboden x

Wir sehen aus diesen Zahlen, daß der leichteste Sandboden mit 3,0% abschlämmbaren Teilen trotz seines außerordentlich niedrigen Gehaltes an Gesamtphosphorsäure (0,048%) doch keine Phosphorsäurereaktion gezeigt hat und daß andererseits ein schwerer Lehmboden mit einem hohen Gehalt an Gesamtphosphorsäure (0,148%) eine stärkere Phosphorsäurereaktion gezeigt hat. Die schweren Böden geben also die Phosphorsäure an die Pflanzen viel schwerer ab als die leichteren Böden, was meistens auf ihren hohen Kalk-, Magnesia-, Eisen- und Tonerde-Gehalt zurückzuführen ist. Auch die Löslichkeit der Phosphorsäure in verdünnten Säuren gibt uns, wie die Zahlen zeigen, keinen sicheren Aufschluß über das Phosphorsäurebedürfnis der Böden.

Wie verschieden assimilierbar die Phosphorsäure verschiedener Böden ist, zeigt Abbildung 15, welche einen Vegetationsversuch des Verfassers wiedergibt, bei welchem 0,3 g Phosphorsäure in Form verschiedener Böden einem Sande zugesetzt worden waren. Die Phosphorsäure der Sandböden hatte hier fast wie die Phosphorsäure des Thomasmehls gewirkt, während die Phosphorsäure des Lehmbodens gar keine Wirkung gezeigt hatte. (S. Abb. 15.)

4. Der Stickstoff. Hier gibt uns die chemische Analyse absolut keinen Aufschluß über das Stickstoffbedürfnis des Bodens, weder die Gesamtstickstoffbestimmung noch die Ammoniak- und Salpeterbestimmung. Es kommt ganz und gar darauf an, wieviel Bodenstickstoff vor der Vegetationszeit und während der Vegetationszeit in Ammoniak und Salpeter übergeführt wird. Die Ammoniak- und Salpeterbildung sind bakteriologische Prozesse, welche wir in der Weise, wie sie in der Natur verlaufen, im Laboratorium nicht nachahmen können. Auch verlaufen diese Prozesse in den verschiedenen Bodenarten ganz verschieden und werden in starkem Maße beeinflußt durch die verschiedenen Wasser-, Luft- und Wärmeverhältnisse. Wie verschieden diese Umsetzungen in verschiedenen Böden erfolgen, zeigt folgender vom Verfasser mit Hafer ausgeführter Vegetationsversuch:

	Stickstoff	Stickstoff pro Gefäß	Aufgenommener Stickstoff	
	%	g	g	%
Lehmboden	0,165	9,900	0,087	0,88
Sandboden	0,075	5,625	0,223	3,96

Wir sehen also, daß von dem Sandbodenstickstoff erheblich mehr umgesetzt wurde, als von dem Lehmbodenstickstoff (prozentisch 4mal soviel), ohne damit sagen zu wollen, daß in der freien Natur so extreme Unterschiede vorhanden sind. Hier waren im Sandboden die günstigsten Wasserverhältnisse vorhanden, während dies ja auf dem Felde nicht der Fall ist.

Aus diesen ganzen Betrachtungen sehen wir, daß wir durch die chemische Analyse gar keinen Aufschluß über das Stickstoffbedürfnis der Böden erhalten und über das Kalk-, Kali-, Phosphorsäurebedürfnis der Böden nur gewisse Anhaltspunkte.

Maercker hat nach dem Nährstoffgehalt der Böden folgende Bezeichnungen gewählt:

Böden	Stickstoff N. und Phosphorsäure P_2O_5 (Gesamtbestimmung)
arm	unter 0,05 %
mäßig	0,05—0,10 „
normal	0,10 „
gut	0,10—0,15 „
reich	über 0,15 „
	Kali K_2O (Lösungsmittel heiße 10prozent. Salzsäure)
arm	unter 0,05 %
mäßig	0,05—0,15 „
normal	0,15—0,25 „
reich	über 0,25 „
Schwere Böden	**Kalk CaO[1]) (Lösungsmittel 10prozent. Chlorammoniumlösung)**
sehr arm	unter 0,05 %
arm	0,05—0,10 „
mäßig	0,10—0,20 „
normal	0,20—0,25 „
gut	0,25—0,35 „
reich	über 0,35 „
Sandböden	
sehr arm	unter 0,03 „
arm	0,03—0,05 „
mäßig	0,05—0,10 „
normal	0,10—0,15 „
gut	0,15—0,20 „
reich	—

Solche Zahlen haben selbstverständlich keine allzu große Bedeutung, denn wir haben ja gesehen, daß bei ein und demselben Gehalt an Nährstoffen die Böden ein ganz verschiedenes Nährstoffbedürfnis zeigen können.

Der Vegetationsversuch und das Nährstoffbedürfnis der Böden.

Es liegt nun sehr nahe, für die Ermittlung des Nährstoffbedürfnisses der Böden den leicht auszuführenden Gefäßversuch heranzuziehen. Gibt uns dieser einen sicheren Aufschluß über das Düngebedürfnis der Böden im freien Lande? Nein, denn wir haben in den Gefäßen ganz andere Verhältnisse als im freien Lande, günstigere Wasserverhältnisse, andere Wärmeverhältnisse, anderes Bodenquantum, Fehlen des Untergrundes. Infolge dieser vom freien Lande abweichenden Momente gestalten sich auch die Ernten und die Wirkung der Düngung ganz anders als im freien Lande. Man sieht beim Vegetationsversuch die meisten Erscheinungen durch ein Vergrößerungsglas. Im allgemeinen liegt die Sache folgendermaßen: Sind die Unterschiede zugunsten einer Düngung, z. B. einer Phosphorsäuredüngung,

[1]) Nach D. Meyer.

sehr groß, ernte ich also mit Phosphorsäure erheblich mehr als ohne Phosphorsäure, so ist anzunehmen, daß auch auf dem Felde eine Phosphorsäuredüngung angebracht ist. Ernte ich mit der Phosphorsäure aber nur wenig mehr, so ist dies nicht gesagt, da die Phosphorsäure bei den Gefäßversuchen infolge der besseren Wasserversorgung und des kleineren Bodenquantums leichter ins Minimum gerät als im freien Lande. Ernte ich bei dem Gefäßversuch mit Phosphorsäure nicht mehr, so ist mit Sicherheit anzunehmen, daß ein Phosphorsäurebedürfnis auch auf dem Felde nicht vorhanden ist. So gibt uns auch der Gefäßversuch nicht in allen Fällen einen Aufschluß über das Düngebedürfnis der Böden im freien Lande, noch viel weniger über die Mengen an Nährstoffen, welche wir den Pflanzen unter praktischen Verhältnissen zu reichen haben. Wir müssen also zur Feststellung des Nährstoffbedürfnisses der Böden den Feldversuch heranziehen, über den später in der Düngerlehre die Rede sein wird.

Hat der Gefäßversuch bei der Feststellung des Nährstoffbedürfnisses der Böden nur eine beschränkte Bedeutung, so wird er nach wie vor ein unentbehrliches Mittel zur Aufklärung aller der Vorgänge bleiben, die wir im freien Lande nicht aufklären können. Wir haben in dem Vegetationsversuch ein bestimmtes Bodenquantum vor uns, welches wir in seiner Veränderung nach allen Richtungen untersuchen können, was mit dem Boden im freien Felde nicht möglich ist. Die ganze Leguminosenfrage, sämtliche bakteriologischen Erscheinungen, so wie sie sich im Boden abspielen und auf das Wachstum der Pflanzen sich bemerkbar machen und zahlreiche andere Vorgänge sind durch den Vegetationsversuch geklärt worden und nach dieser Richtung hin wird er nach wie vor eine Bedeutung haben, wobei jedoch zu bemerken ist, daß die meisten für die Praxis in Frage kommenden Vorgänge bereits durch den Gefäßversuch aufgeklärt worden sind. Nicht zulässig ist es, die bei dem Vegetationsversuch gewonnenen Ergebnisse zahlenmäßig auf das freie Land zu übertragen.

Der prozentische Nährstoffgehalt der Pflanze und das Nährstoffbedürfnis der Böden.

Man hat auch versucht, das Nährstoffbedürfnis des Bodens aus dem prozentischen Nährstoffgehalt der auf ihm gewachsenen Pflanzen abzuleiten. Diese Methode kann schon deshalb nicht zum Ziele führen, als der prozentische Gehalt der Pflanzen in den verschiedenen Jahren außerordentlich schwankt. Ein Beispiel hierfür aus den Lauchstädter Versuchsergebnissen. Es betrugen die Schwankungen auf ein und derselben ungedüngten Parzelle bei gleicher Fruchtfolge in den Jahren 1903—09:[1])

	Stickstoff %	Phosphorsäure %	Kali %
Gerstenstroh	0,24—0,48	0,08—0,26	0,72—1,12
Weizenstroh	0,30—0,37	0,06—0,16	0,50—1,00
Zuckerrübenkraut in d. Tr. . .	1,73—2,16	0,38—0,67	3,03—4,07

[1]) Bericht VII der Versuchswirtschaft Lauchstädt, Landw. Jahrbücher 1910 und Sonderausgabe. Berlin, Verlag von Paul Parey.

Es schwankte also der prozentische Gehalt an Nährstoffen auf ein und derselben Parzelle und bei ein und derselben Fruchtfolge zum Teil außerordentlich, bis 300%. Noch viel größere Schwankungen kann man bei verschiedener Fruchtfolge erhalten. Es kann also auch dieser Weg unmöglich zum Ziele führen.

d) Die Absorption der Nährstoffe durch den Boden.

Unter Bodenabsorption versteht man die Festlegung von Nährstoffen durch den Boden. Diese ist in den meisten Fällen eine vorübergehende, insofern als die festgelegten Nährstoffe meist bald wieder eine lösliche Form annehmen. Am stärksten werden absorbiert Phosphorsäure, Kali und Ammoniak, schwächer Natron, noch schwächer Kalk und Magnesia und so gut wie nicht Chlor, Schwefelsäure und Salpetersäure. Die Ursachen der Absorption sind verschiedene:

Bei der Phosphorsäure liegt die Sache verhältnismäßig einfach. Die löslichen phosphorsauren Salze stoßen im Boden auf Kalk-, Eisen- und Tonerdeverbindungen, mit denen sie sich zu in Wasser unlöslichen Phosphaten umsetzen, welche zunächst als feste Bodenbestandteile zurückbleiben. In den meisten Fällen handelt es sich um die Umsetzungen mit dem Kalk, mit welchem die löslichen phosphorsauren Salze zunächst Dikalziumphosphat bilden und schließlich Trikalziumphosphat bilden können:

Monokalziumphosphat (Superphosphatphosphorsäure) $(PO_4)_2 CaH_4$, löslich in Wasser.

Dikalziumphosphat (Präzipitatphosphorsäure) $(PO_4)_2 Ca_2 H_2$, unlöslich in Wasser, löslich in kohlensäurehaltigem Wasser.

Trikalziumphosphat $(PO_4)_2 Ca_3$, sehr schwer löslich.

Die Wirkung einer Düngung mit wasserlöslicher Phosphorsäure (Superphosphat) ist daher zu Anfang größer als nach längerem Lagern im Ackerboden.

In den meisten Böden bleibt es, wie Versuche, welche der Verfasser mit seinen Mitarbeitern anstellte, zeigen, bei der Bildung von Dikalziumphosphat, welches den Pflanzen zwar nicht so leicht wie das Monokalziumphosphat, aber doch noch verhältnismäßig leicht zugänglich ist, so daß die Superphosphatphosphorsäure auf lange Zeit ihre Wirkung behält. Nur in eisenschüssigen kalkarmen Böden entstehen schwer lösliche Eisen- bezw. Tonerdephosphate.

Die Festlegung der Basen: Kali, Ammoniak, Natron, Kalk und Magnesia kann auf drei Wegen erfolgen:

1. chemisch durch Basenaustausch mit wasserhaltigen Doppelsilikaten des Bodens;[1])

2. chemisch durch freie Säuren: Kolloidale Kieselsäure, Humussäure usw., wobei sich der Säuregrad ändert;

3. durch Oberflächenabsorption kolloidaler Substanzen: Humussubstanzen,

[1]) Am eingehendsten sind diese Körper und die Absorptionsvorgänge in neuerer Zeit von Gans studiert worden. Jahrbücher der Preuß. geolog. Landesanstalt.

Kieselsäure, Aluminiumhydroxyd, Doppelsilikate, Eiweißsubstanzen usw., wobei der Säuregrad sich nicht ändert.[1])

Ein Zahlenbeispiel für einen dieser Vorgänge: Lemberg[2]) ließ auf ein wasserhaltiges Kali-Aluminiumsilikat, welches auch noch kleine Mengen von Natron enthielt, eine Lösung von Chlorammonium einwirken, wobei das Natron ganz, das Kali bis auf einen kleinen Rest verdrängt wurde:

Anfangsprodukt:		Endprodukt:	
Kieselsäure	46,64 %	Kieselsäure	56,17 %
Tonerde	29,38 „	Tonerde	34,59 „
Kali	22,75 „	Kali	0,89 „
Natron	1,83 „	Ammoniak	8,37 „

Die Basen hatten sich fast genau nach ihrem chemischen Wirkungsverhältnis ausgetauscht: 8,37 % Ammoniak (NH_3) sind äquivalent 23,14 % Kali (K_2O).

Am stärksten werden von den Basen absorbiert Ammoniak und Kali, schwächer Natron und noch schwächer Magnesia und Kalk, so daß das Ammoniak, das Kali und auch das Natron den Kalk leicht frei machen. Auf diese Weise verdrängen die Staßfurter Kalisalze, die Ammoniaksalze und der Salpeter den Kalk, wobei letzterer in Lösung gebracht und ausgewaschen wird. Jene Salze wirken daher stark entkalkend auf den Boden. Zu bemerken ist noch, daß ganz große Mengen einer schwach absorbierbaren Base wie Kalk in großen Mengen, wieder kleinere Mengen einer stark absorbierbaren Base verdrängen können (Massenwirkung).

Der Sitz der absorbierenden Bestandteile sind die abschlämmbaren feinen Bestandteile des Bodens. Deshalb zeigen die an diesen Bestandteilen reichen schwereren Böden ein starkes, die an diesen Bestandteilen armen Sandböden ein schwaches Absorptionsvermögen.

So gut wie nicht absorbiert werden Schwefelsäure, Chlor und Salpetersäure. Das letztere ist besonders wichtig: Der Salpeter bleibt in der Bodenflüssigkeit gelöst; hieraus folgt die große Intensität der Salpeterwirkung, andererseits aber auch die Gefahr des Auswaschens des Salpeters. Praktisch wichtig ist auch, daß das Chlor nicht absorbiert wird: Man gibt denjenigen Kulturpflanzen, welche gegen die chlorreichen Staßfurter Kalisalze empfindlich sind, diese Salze im Herbst, damit das Chlor während des Winters ausgewaschen wird.

Die Absorptionsvorgänge sind für die Ernährung der Pflanze von großer Bedeutung. Sie schützen die meisten Nährstoffe vor dem Auswaschen und wirken regulierend auf die Versorgung der Pflanze mit den nötigen Nährstoffen. Ist die Bodenflüssigkeit zu konzentriert, so werden Salze aus ihr auf dem Wege der Absorption ausgeschieden; ist sie verdünnt, so gehen absorbierte Bestandteile wieder in Lösung. Andererseits können zu gewissen Zeiten die

[1]) Diese Art der Absorption hat eine geringere Bedeutung. Siehe u. a.: Mitscherlich, Bodenkunde. Berlin, Verlag von Paul Parey.

[2]) Ramann, Bodenkunde. Berlin, Verlag von J. Springer.

Absorptionsvorgänge hinderlich auf die schnelle Entwicklung der Pflanzen einwirken, indem sie einer erwünschten schnellen Aufnahme der Nährstoffe durch die Pflanze hinderlich im Wege stehen. Das ist besonders der Fall bei den schweren Bodenarten, welche mit ihren hohen Mengen von abschlämmbaren Bestandteilen und Kalk im Gegensatz zu den Sandböden ein starkes Absorptionsvermögen zeigen.

e) Die Nährstoffverluste durch die Sickerwässer.

Bei einem Überschuß von Wasser tritt dasselbe aus dem Boden als sogenanntes Sicker- oder Drainwasser. Hierdurch erleidet der Boden je nach den verschiedenen Verhältnissen größere oder kleinere Nährstoffverluste. Die Höhe und die Art der Nährstoffverluste sind abhängig:

1. Von den Niederschlagsmengen. Im trocknen Winter sind die Nährstoffverluste gering, im nassen Winter groß.

2. Von der mechanischen Beschaffenheit der Bodenarten. Der Sandboden erleidet infolge seines geringen Gehaltes an abschlämmbaren Bestandteilen große Nährstoffverluste, der schwerere Boden infolge seines hohen Gehaltes an abschlämmbaren Bestandteilen geringere Nährstoffverluste.

3. Von der chemischen Zusammensetzung der Bodenarten. Kali- und kalkreiche Böden erleiden z. B. bei gleicher mechanischer Beschaffenheit größere Verluste an Kali und Kalk als solche, welche arm an Kali und Kalk sind.

4. Von der Düngung. Je reicher die Düngung, desto größer sind die Nährstoffverluste.

5. Von dem Pflanzenbestand. Während der Vegetation, wo das Wasser und die Nährstoffe von den Pflanzen verbraucht werden, sind die Nährstoffverluste gering oder solche überhaupt nicht vorhanden, während dieselben im Winter eine beträchtliche Höhe erreichen können.

Für die wichtigsten Pflanzennährstoffe, die Phosphorsäure, das Kali, den Kalk und den Stickstoff liegen die Verhältnisse folgendermaßen:

Die Phosphorsäure. Diese wird, wie wir gesehen, vom Boden in starkem Maße absorbiert, indem die lösliche Phosphorsäure mit Kalk-, Eisen- und Tonerdeverbindungen nach kurzer Zeit zweibasische unlösliche Formen eingeht. Daher sind die Verluste, welche die Phosphorsäure durch Auswaschen erfährt, außerordentlich gering. Sie betragen nach den angestellten Untersuchungen pro Jahr 0—5 kg Phosphorsäure (P_2O_5) auf 1 ha. Nach den von Gerlach im Kaiser Wilhelms-Institut zu Bromberg ausgeführten Untersuchungen erleidet die Phosphorsäure selbst auf leichten Sandböden, wenn diese die nötigen Mengen von Kalk aufweisen, gar keine Verluste.

Das Kali. Dieses wird je nach der Art des Bodens in stärkerem oder schwächerem Maße absorbiert. Der Sitz der absorbierenden Verbindungen sind die abschlämmbaren Bestandteile des Bodens. Daher zeigen die an abschlämmbaren Teilen reichen Bodenarten, besonders die Tonböden und die Lehmböden,

ein großes Absorptionsvermögen für das Kali, die an abschlämmbaren Teilen armen Böden, die Sandböden, ein geringeres Absorptionsvermögen für dasselbe. Aus diesem Grunde sind die Verluste, welche das Kali auf schwerem Boden erleidet, gering, auf Sandböden groß. Für schweren Boden wurde z. B. vom Kaiser Wilhelms-Institut zu Bromberg ein Verlust von 7 kg Kali (K_2O), für Sandboden dagegen ein solcher von 51 kg Kali (K_2O) auf ein Jahr und Hektar, im Durchschnitt verschiedener Böden ein solcher von 29 kg Kali (K_2O) festgestellt.

Der Kalk. Dieser erleidet bei allen Bodenarten große Verluste. Der Kalk des Bodens wird durch die Kohlensäure in löslichen sauren kohlensauren Kalk, durch die künstlichen Düngemittel (Kalisalze, Salpeter usw.) in andere lösliche Kalksalze übergeführt, welche ausgewaschen werden. Im Kaiser Wilhelms-Institut zu Bromberg wurde ein durchschnittlicher Verlust von 366 kg Kalk (CaO) pro Jahr und Hektar festgestellt. Nach Rothamsteder Untersuchungen betrugen die Verluste je nach Düngung 250—500 kg (CaO) pro Jahr und Hektar.

Der Stickstoff. Dieser erleidet durch Auswaschen des gebildeten Salpeters auf allen Bodenarten ebenfalls nennenswerte Verluste. Nach Ermittlungen vom Kaiser Wilhelms-Institut zu Bromberg betrugen die Stickstoffverluste bei stärkerer Düngung im Durchschnitt 56 kg Stickstoff, nach Rothamsteder Untersuchungen 30—40 kg pro Jahr und Hektar.

f) Die Buchführung über den Nährstoffhaushalt des Bodens.

Eine solche besteht in einer Gegenüberstellung des Gewinns und des Verlustes an Nährstoffen. Bei den Mineralstoffen, der Phosphorsäure, dem Kali und dem Kalk besteht der Gewinn nur in den durch die Düngung zugeführten Nährstoffen, der Verlust in den durch die Ernten dem Boden entzogenen und durch die Sickerwässer fortgeführten Nährstoffe. Welchen Wert hat nun eine solche Buchführung für die einzelnen Nährstoffe?

Die Phosphorsäure. Hier sind wir in der Lage, eine annähernd richtige Rechnung anzustellen, da Verluste an Phosphorsäure durch die Sickerwässer nicht, oder so gut wie nicht stattfinden.

Das Kali. Hier liegen die Verhältnisse schon schwieriger, da die Verluste an Kali durch die Sickerwässer größere sind und große Schwankungen aufweisen.

Der Kalk. Auch hier können wir nur annähernd eine einigermaßen zutreffende Rechnung machen, da die Verluste durch die Sickerwässer sehr verschiedene sind.

Der Stickstoff. Hier liegen die Verhältnisse außerordentlich schwierig, da wir es hier nicht allein mit den Nährstoffen der Düngung und den Verlusten durch die Sickerwässer zu tun haben. Der Stickstoffgewinn setzt sich zusammen: a) aus dem Stickstoff der Düngung, b) dem Stickstoffgewinn durch die Leguminosen, c) dem Stickstoffgewinn durch die im Boden freilebenden stickstoffassimilierenden niederen Organismen, d) der Ammoniakabsorption durch den Humus, e) dem Stickstoffgewinn durch die Niederschläge. Der Verlust setzt sich zusammen: a) aus dem Stickstoff der Ernte, b) dem Stickstoff der Sickerwässer,

c) dem Stickstoffverlust durch bakteriologische Prozesse, d) dem Stickstoffverlust durch Ammoniakverdunstung. Aus diesem Grunde ist es beim Stickstoff nicht möglich, auch nur eine annähernd richtige Rechnung zu machen.

Der Wert einer derartigen Buchführung über den Nährstoffhaushalt der Böden ist nicht zu überschätzen. Wenn wir auch in der Lage sind, bei den meisten Nährstoffen festzustellen, welche ungefähren Mengen von der Düngung im Boden verbleiben oder wieviel aus dem Boden mehr herausgenommen als durch die Düngung zugeführt werden, so können wir doch niemals ermitteln, wieviel wirksame Nährstoffe von der Düngung verbleiben, bezw. welche Mengen der im Boden vorhandenen Nährstoffe in wirksame Formen übergeführt werden, und hierauf kommt es lediglich an.

Ein Beispiel dafür, wie sich auf besserem Boden bei intensivem Betrieb Nährstoffgewinn und Nährstoffverlust ohne Berücksichtigung der Verluste durch die Sickerwässer und der beim Stickstoff in Frage kommenden anderen Faktoren gestaltet, möge aus den Lauchstädter Versuchen herausgegriffen werden. Es waren Gewinn und Verlust auf den statischen Versuchsparzellen bei der Fruchtfolge: Zuckerrüben, Gerste, Kartoffeln, Weizen die folgenden:

Parzellen: ungedüngt.

	Nährstoffentnahme auf 1 ha		
	Stickstoff	Phosphorsäure	Kali
	kg	kg	kg
Zuckerrüben	100,97	30,86	129,16
Gerste	39,93	22,76	36,05
Kartoffeln	73,47	20,94	60,84
Weizen	70,61	31,69	59,88
	Düngung: Nichts		
Verlust bezw. Gewinn in 4 Jahren	— 284,98	— 106,25	— 285,93
„ „ „ pro Jahr	— 71,25	— 26,56	— 71,48

Parzellen: volle Mineraldüngung.

Zuckerrüben	189,18	62,06	218,06
Gerste	65,50	31,38	69,49
Kartoffeln	118,67	32,35	124,46
Weizen	104,84	42,80	109,48
Summa	478,19	168,59	521,49
	Düngung		
Gerste	40	50	80
Zuckerrüben	90	100	120
Kartoffeln	60	100	120
Weizen	60	50	80
Summa	250	300	400
Verlust bezw. Gewinn in 4 Jahren	— 228,19	+ 131,41	— 121,49
„ „ „ pro Jahr	— 57,05	+ 32,85	— 30,37

Parzellen: Stallmist allein.

	Nährstoffentnahme auf 1 ha		
	Stickstoff	Phosphorsäure	Kali
	kg	kg	kg
Zuckerrüben	142,42	53,11	184,55
Gerste	51,73	28,22	58,77
Kartoffeln	88,03	36,45	143,73
Weizen	81,83	38,37	80,70
Summa	364,01	156,15	467,75
		Düngung	
Zuckerrüben	143	87	141
Gerste	—	—	—
Kartoffeln	153	88	139
Weizen	—	—	—
Summa	296	175	280
Verlust bezw. Gewinn in 4 Jahren	— 68,01	+ 18,85	— 187,75
„ „ „ pro Jahr	— 17,00	+ 4,71	— 46,94

Parzellen: Stallmist + volle Mineraldüngung.

Zuckerrüben	205,89	69,16	241,43
Gerste	66,03	33,88	84,38
Kartoffeln	139,55	43,97	197,66
Weizen	104,23	47,23	125,84
Summa	515,70	194,24	649,31
		Düngung	
Zuckerrüben	143	87	141
	60	100	120
Gerste	20	50	80
Kartoffeln	153	88	139
	40	100	120
Weizen	40	50	80
Summa	456	475	680
Verlust bezw. Gewinn in 4 Jahren	— 59,70	+ 280,76	+ 30,69
„ „ „ pro Jahr	— 14,93	+ 70,19	+ 7,67

Hiernach lagen die Verhältnisse für die einzelnen Nährstoffe folgendermaßen:

1. Der Stickstoff. Auf den Mineralparzellen hatte die sehr hohe Stickstoffdüngung (90 kg Stickstoff zu Rüben, 60 kg Stickstoff zu Kartoffeln und Weizen, 40 kg Stickstoff zu Gerste) längst nicht ausgereicht, um die durch die Ernten dem Boden entzogenen Stickstoffmengen zu decken. Es wurden in dem 4jährigen Turnus 228,19 kg Stickstoff, pro Jahr also 57,05 kg, mehr ausgeführt als eingeführt. Auch hatte die Stallmistdüngung (400 dz in 4 Jahren) nicht genügt,

die durch die Ernten entzogenen Stickstoffmengen zu decken, trotzdem der Stallmist im Vergleich zum Salpeter nur geringe Stickstoffmengen an die Pflanzen abgegeben hatte. Auch bei voller Stallmist- und Mineraldüngung ist noch ein Defizit von 59,70 kg für den 4jährigen Turnus, also 14,93 kg pro Jahr zu verzeichnen. Wenn wir nun die Stickstoffverluste hinzurechnen, welche der Boden durch die Sickerwässer und durch gewisse andere Prozesse, (Denitrifikationsprozesse, Fäulnisprozesse und Ammoniakverdunstung) erleidet, so müssen die nützlichen bakteriologischen Vorgänge dem Boden große Stickstoffmengen liefern, wenn Stickstoffgleichgewicht im Boden herrschen soll. Wie weit durch diese Vorgänge die Stickstoffverluste gedeckt werden, müssen Bodenuntersuchungen zeigen, welche nach längeren Zeiträumen ausgeführt werden. (Siehe hierzu S. 66—71.)

2. Das Kali. Hier lagen die Verhältnisse folgendermaßen: Auf den Parzellen mit voller Mineraldüngung wurden dem Boden in 4 Jahren 121,49 kg, pro Jahr also 30,37 kg Kali mehr entzogen als zugeführt. Auf den reinen Stallmistparzellen war ein Defizit von 187,75 kg Kali in 4 Jahren, pro Jahr also ein Defizit von 46,94 kg zu verzeichnen, während auf den Parzellen, welche neben Stallmist noch eine volle Mineraldüngung erhalten hatten, ein kleiner Überschuß zu verzeichnen ist. Da durch die obigen Stallmist- und Kalidüngungen dem Boden sehr hohe Mengen von Kali zugeführt wurden, Mengen, wie sie im großen und ganzen in der Praxis nicht zur Anwendung kommen und auch dem Boden gewisse Mengen von Kali durch die Sickerwässer entzogen werden, so kann man wohl sagen, daß in der Praxis beim Kali, auf besserem Boden, den man oft gar nicht mit Kali düngt, und wenn, nicht mit so hohen Mengen, Raubbau getrieben wird, der auch bis zu einem gewissen Grade auf besserem Boden zu billigen ist. Wie falsch es aber ist, den besseren Boden ohne Kalidüngung zu belassen, ist durch langjährige Versuche der Versuchswirtschaft Lauchstädt in eklatanter Weise bewiesen worden.

3. Die Phosphorsäure. Hier lagen die Verhältnisse ganz anders als beim Stickstoff und Kali. Wir haben hier auf den Parzellen mit voller Mineraldüngung in 4 Jahren einen Zuwachs von 131,41 kg, pro Jahr demnach einen solchen von 32,85 kg; auf den reinen Stallmistparzellen in 4 Jahren einen Zuwachs von 18,85 kg, in einem Jahr einen solchen von 4,71 kg und auf Parzellen mit Stallmist + voller Mineraldüngung in 4 Jahren einen Zuwachs von 280,76 kg, in einem Jahr einen solchen von 70,19 kg zu verzeichnen. Da die Phosphorsäure durch die Untergrundfeuchtigkeit gar keine oder so gut wie gar keine Verluste erleidet, so können wir sicher sagen, daß bei den in der Praxis üblichen Phosphorsäuredüngungen der Boden einen Zuwachs von Phosphorsäure erfährt, wofür auch der Umstand spricht, daß jetzt viele Böden zunächst auf eine Phosphorsäuredüngung gar nicht reagieren. Versuche (Feld- und Vegetationsversuche) zeigen auch, daß die Phosphorsäure der Düngung, auch die Superphosphatphosphorsäure, auf lange Jahre eine gute Wirkung zeigt.

g) Der Raubbau.

Unter Raubbau versteht man für gewöhnlich eine Ausübung, bei welcher man dem Boden durch die Ernten mehr Pflanzennährstoffe entzieht, als man ihm in der gegebenen Düngung zuführt. Der Begriff eines teilweise betriebenen Raubbaues liegt schon vor, wenn auch nur einer der Pflanzennährstoffe, z. B. die Phosphorsäure oder das Kali, durch die Ernten mehr aus- als durch die Düngung eingeführt wird. (Siehe vorigen Abschnitt.)

Raubbau in diesem Sinne ist nicht gleichbedeutend mit einem Rückgang der im Boden enthaltenen Pflanzennährstoffe, da einerseits die dem Boden durch die Ernten entzogenen Nährstoffe nicht den einzigen Verlust, andererseits beim Stickstoff die durch die Düngung dem Boden zugeführten nicht den einzigen Gewinn darstellen. So nimmt z. B. der leichte poröse Sandboden an den meisten Nährstoffen erheblich ab, wenn ihm nicht mehr Nährstoffe durch die Düngung zugeführt als ihm durch die Ernten entzogen werden, da ein solcher Boden große Nährstoffverluste durch die Sickerwässer erfährt. Umgekehrt kann der wichtigste der Pflanzennährstoffe, der Stickstoff, bei einem Ersatz des in der Ernte enthaltenen Stickstoffs einen Zuwachs erfahren, da es nützliche Vorgänge gibt, durch welche dem Boden mehr Stickstoff zugeführt als ihm durch schädliche Vorgänge genommen wird. Bei allen anderen Nährstoffen handelt es sich aber immer nur um Verluste durch die Sickerwässer, so daß stets ein Rückgang von Nährstoffen stattfinden muß, wenn dem Boden nicht mehr Nährstoffe durch die Düngung zugeführt als ihm durch die Ernten entzogen werden. Das, was im allgemeinen über den Raubbau gesagt wird, trifft also, vom Stickstoff abgesehen, der hier und da eine Ausnahme macht, in erhöhtem Maße zu, wenn die Nährstoffverluste, welche durch die Sickerwässer herbeigeführt werden, Berücksichtigung finden.

Da der Vorrat des Bodens an Pflanzennährstoffen ein beschränkter ist, versteht es sich von selbst, daß durch den Raubbau die Fruchtbarkeit der Ackererde geschädigt werden muß, so daß die Erträge sämtlicher Feldfrüchte sinken, bis sie auf ein gewisses Mindestmaß kommen. Eine gewisse Ertragsfähigkeit wird aber jeder Boden auch bei dem Raubbaubetriebe auf lange Zeit behalten, da alljährlich durch die Verwitterung der in jedem Boden enthaltenen Mineralien gewisse Nährstoffmengen löslich werden, welche zur Erzeugung von Ernten eine Verwendung finden können. Die Erträge, welche man unter solchen Umständen bei lange andauerndem Raubbau gewinnt, sind jedoch so niedrige, daß von dem Betriebe einer auch nur einigermaßen lohnenden Landwirtschaft bei dauerndem Raubbau im allgemeinen nicht die Rede sein kann. Nach Begründung seiner Mineraltheorie hatte Liebig zahlreiche Rechnungen über die Erschöpfung und den Ersatz der Pflanzennährstoffe bei verschiedenen Wirtschaftsweisen ausgeführt, und war dabei zu dem Ergebnis gekommen, daß im großen und ganzen von der Landwirtschaft zu jener Zeit ein Raubbau betrieben würde, welcher unmöglich längere Zeit ohne Schaden für die Ertragsfähigkeit der Felder fortgesetzt werden könne. Von den Beispielen, welche Liebig für die schädlichen Folgen des Raubbaues mitteilt, mögen nur folgende hier kurz erwähnt werden. Griechen-

land, früher reich bevölkert und imstande, seine Bewohner zu ernähren, habe schon gegen 700 v. Chr. Zeichen der Bodenerschöpfung gezeigt, und die Klagen über die zunehmende Unfruchtbarkeit des Bodens hätten sich immer mehr gesteigert; — die Folge sei eine Neigung zur Auswanderung aus dem Lande, welches seine Bewohner nicht mehr ernähren konnte, gewesen. Italien sei früher ein reich bevölkertes Land gewesen mit einem blühenden Landbau zur Zeit der Latiner; mit der Herrschaft der Römer habe der Raubbau begonnen, und die Folge sei gewesen, daß der Boden bald nicht genug Brotkorn trotz der abnehmenden Bevölkerung habe produzieren können. Spanien habe unter der Kaiserregierung zu den reichsten und blühendsten Ländern gehört, das seine höchste Blüte unter den Mauren erreicht habe; damals sei die Bevölkerung mindestens zwei- bis dreimal so stark als später gewesen, und trotzdem sei das Land imstande gewesen, seine Bewohner zu ernähren. Sechshundert Jahre später sei es durch den Raubbau so unfruchtbar geworden, daß es nicht mehr die auf die Hälfte oder ein Drittel geschwundene Bevölkerung habe ernähren können. Das schlagendste Beispiel für die unheilvolle und gleichzeitig schnelle Wirkung des Raubbaues bilde aber der Norden Amerikas, dessen Erträge in wenigen Jahrzehnten um die Hälfte für den Weizen, ein Drittel für die Kartoffel abgenommen hätten. (Durch eine rationelle Düngerwirtschaft sind jetzt die schädlichen Wirkungen des ursprünglich betriebenen Raubbaues in Amerika längst beseitigt.) Wenn man nun auch annehmen darf, daß der Raubbau nicht die einzige Ursache des Zurückgehens der Bodenerträge bei den von Liebig herangezogenen Beispielen gewesen ist, so muß doch zugegeben werden, daß die Hauptursache des Sinkens der Bodenerträge und des Eingehens der landwirtschaftlichen Betriebe in den genannten Ländern in dem Raubbau gelegen hat.

Die Folgen eines länger fortgesetzten Raubbaues bezw. des Anbaues von Kulturpflanzen ohne jede Düngung werden sehr deutlich durch Versuche von Christiani-Kerstenbruch „50 Jahre ohne Düngung", veröffentlicht im „Landwirt" 1878, sowie von Lawes und Gilbert „Field and other Experiments, conducted on the Farm at Rothamsted" ins Licht gestellt.

Christiani stellte seine Versuche in dem sehr reichen Boden des Oderbruchs an, welcher 0,34% Stickstoff, 0,244% Kali, 0,263% Phosphorsäure und 0,62% Kalk enthielt. In diesem Boden sanken, wenn man die alte schonende Fruchtfolge einhielt und in gewissen Zwischenräumen Klee und andere Leguminosen anbaute, die Erträge verhältnismäßig langsam; als man aber stärker zehrende Feldfrüchte, wie die Zuckerrüben, in häufiger Wiederkehr in die Fruchtfolge brachte, trat ein außerordentlich schnelles Sinken der Erträge ein, so daß das betreffende Land nach 40 Jahren nur noch 9501 kg Zuckerrüben ohne Düngung, gegen 32551 kg mit einer vollen Düngung, trug, während die Gerstenernte mit 1938 kg Körnern pro Hektar ungedüngt, gegen 2551 kg gedüngt, zwar auch, aber doch nicht in demselben Maße wie die Zuckerrübenernte gesunken war. Es kommt dies natürlich daher, daß zur Erzeugung von Zuckerrübenernten weit größere Mengen von Nährstoffen erforderlich sind.

Weit lehrreicher sind noch die Versuche von Lawes und Gilbert, welche

auf einem viel ärmeren Boden in England ausgeführt wurden. Der ziemlich schwere Lehm des dortigen Versuchsfeldes hatte bei der üblichen Düngung bis zu Beginn der Versuche etwa 1700—1800 kg Weizenkörner pro Hektar getragen; als er ohne Düngung blieb, sanken die Erträge gegenüber einer alle Nährstoffe in ausreichenden Mengen umfassenden Düngung in einer Weise, wie es die folgende Tabelle zeigt:

	Weizenkörner pro ha kg	
	Volle Düngung	Ungedüngt
1845—1848	1905	1320
1849—1852	2040	1170
1853—1856	2632	1031
1857—1860	2680	1167
1861—1864	3254	1100
1865—1868	2738	895
1869—1872	2535	875
1873—1876	2266	690
1877—1880	3109	655
1881—1884	2735	875
1885—1888	2576	881
1890	2358	820
1898	1978	833
1900	2673	889

Aus diesen Zahlen ist zu ersehen, daß gleich in den ersten Jahren ein sehr erheblicher Rückgang der Erträge eintrat, nämlich von 1905 kg auf 1320 kg Weizenkörner pro Hektar, welcher alsdann von Periode zu Periode sich weiter fortsetzte, aber nach 20 Jahren zu einem Stillstand kam, so daß ein weiteres Sinken der Erträge nicht mehr eintrat. Dieser Punkt lag bei etwa 800 kg Weizenkörnern pro Hektar (in minimo 655, in maximo 895 kg). Ein Boden wird also auch bei sehr lange fortgesetztem Raubbau nicht vollkommen unfruchtbar, sondern nur im großen Maßstab in seiner Ertragsfähigkeit geschädigt. Wenn allerdings die mineralische Grundlage ganz der Zersetzung anheimgefallen ist, wozu wohl aber Jahrtausende gehören dürften, dann würde eine vollkommene Unfruchtbarkeit eintreten können.

Daran, daß eine unterlassene Düngung die Erträge eines auch sehr fruchtbaren, in gutem Nährstoffzustande befindlichen Bodens, sehr schnell zu erniedrigen imstande ist, kann man auch nach den neueren Erfahrungen nicht im mindesten zweifeln. Auf Parzellen der Versuchswirtschaft Lauchstädt (bester humoser Lößlehmboden), welche 8 Jahre lang keine Düngung erhalten hatten, wurden pro Hektar weniger geerntet als auf den Parzellen, bei welchen ein Nährstoffersatz stattgefunden hatte: 95,4 dz Zuckerrüben, 80,1 dz Kartoffeln, 8,9 dz Weizen und 16,0 dz Gerste. Es geht hieraus hervor, daß man auch bei einem sehr fruchtbaren Boden mit dem Raubbau sehr vorsichtig sein muß. Immerhin kann es aber Fälle geben, wie weiter unten dargelegt werden soll, bei denen ein Raubbau nicht ganz von der Hand zu weisen ist.

Aus diesen Beispielen geht unzweifelhaft hervor, daß der absolute Raubbau, d. h. eine Wirtschaftsweise ohne jede Düngung, zu einem stärkeren Rückgang der Ernten führt. Anders steht es nun aber mit einem teilweisen Raubbau, der für gewisse Fälle nicht zu verwerfen, sondern sogar zu empfehlen ist. Es gibt z. B. viele kalkreiche Böden, wo eine Zuführung von Kalk vor der Hand absolut keine Vorteile bringt, wo wir, ohne einen Rückgang der Ernten befürchten zu müssen, ohne eine Zufuhr von Kalk wirtschaften können. Auch gibt es viele kalkreiche Böden, welchen wir nicht soviel Kali zuzuführen brauchen, als wir ihnen durch die Ernten entzogen haben. Ein teilweiser Raubbau ist hier bei dem Kali wohl angebracht. Ein anderes Beispiel für die Zulässigkeit eines teilweisen Raubbaues bietet der Niederungsmoorboden. In diesem wird stets ein bewußter Raubbau beim Stickstoff betrieben. Der Moorboden ist so stickstoffreich und liefert den Pflanzen bei seiner Zersetzung soviel Stickstoff, daß es geradezu eine Verschwendung wäre, wenn man ihm noch Stickstoff zuführen wollte.

Bezüglich des Raubbaues brauchen wir uns auch nicht mehr auf den früheren ängstlichen Standpunkt zu stellen, da wir mit den uns jetzt zur Verfügung stehenden Düngemitteln den alten Ernährungszustand des Bodens und seine Ertragsfähigkeit bald wieder herstellen können. Es beweisen dies die Versuche, welche Lawes und Gilbert in England anstellten. Das Ergebnis dieser Versuche ist das folgende:

	Weizenkörner pro ha	
	Körner kg	Stroh kg
1852—1862 volle Düngung	2718	6470
1864—1870 ungedüngt	1275	2196
1874—1883 „	809	1369
1884 wieder volle Düngung	2430	5118
1884—1890 wieder volle Düngung . . .	2545	4849
1884—1890 Parzellen von 1852 ununterbrochene volle Düngung	2724	4701

Es war demnach auf den Parzellen, welche 20 Jahre keine Düngung erhalten hatten und dann vom Jahre 1884 wieder eine volle Düngung, in den Jahren 1884—1890 fast dieselbe Ernte gemacht worden, als auf den Parzellen, welche ununterbrochen eine volle Düngung erhalten hatten. Da man in der Praxis einen solchen jahrelangen totalen Raubbau niemals betreiben wird, sondern es sich nur hier und da um einen zeitweisen Raubbau handeln kann, welcher meistenteils immer nur einen Nährstoff betrifft, so ist sicher anzunehmen, daß eventuell gesunkene Erträge, zu denen es man aber nicht zu kommen zu lassen braucht, durch eine entsprechende Nährstoffzufuhr ohne weiteres wieder auf ihre alte Höhe gebracht werden können. Etwas anders liegt die Sache hinsichtlich einer mechanischen Verschlechterung des Bodens durch Unter-

lassung von Stallmist- und Gründüngungen. Hier wird man durch eine erneute Zufuhr von organischen Substanzen nicht auf einmal den alten guten mechanischen Zustand des Bodens herstellen können.

h) Die Charakterisierung der Bodenarten.

1. Steinböden. Die eigentlichen Steinböden zeichnen sich aus durch einen hohen Gehalt an nicht oder nur wenig zersetzten gröberen Gesteinstrümmern und sind als solche für landwirtschaftliche Kulturen im allgemeinen nicht geeignet.

2. Sandböden. Der Charakter dieser Böden wird durch das starke Überwiegen der sandigen Bestandteile bestimmt. Diese bestehen vorzugsweise aus Quarz und enthalten neben Quarz auch noch unzersetzte andere Gesteinstrümmer, wie Feldspat, Glimmer, Hornblende, Kalkstein, Eisenoxyd usw. Wir verstehen unter Sandböden solche Böden, welche nach der Methode der deutschen landwirtschaftlichen Versuchsstationen nur bis 10 % abschlämmbare Teile enthalten. Je nach dem Vorwalten größerer oder kleinerer Korngrößen ist das Wasserfassungsvermögen und damit der Charakter der Sandböden ein verschiedener. Die mechanische Zusammensetzung einiger typischer Sandböden ist aus Tabelle S. 184 zu ersehen. Die durchschnittliche Zusammensetzung jener aufgeführten Bodenarten ist die folgende:

Sandböden:

Kies	3,8 %	0,047 %	Stickstoff
Grobsand	56,8 „	0,046 „	Phosphorsäure
Feinsand	26,1 „	0,046 „	Kali
Staubsand	8,4 „	0,083 „	Kalk
Abschlämmbare Teile	4,9 „		

Die eigentlichen Sandböden zeichnen sich aus:

a) Durch ihr geringes Wasserfassungsvermögen. (Trockene Böden.)

b) Durch eine gute Durchlüftung.

c) Durch eine geringe spezifische Wärme entsprechend ihrem geringen Wassergehalt, d. h. sie erwärmen sich schnell, kühlen sich aber auch schnell wieder ab.

d) Durch einen geringen Gehalt an Pflanzennährstoffen infolge ihres geringen Gehaltes an abschlämmbaren Bestandteilen, welche der Sitz der assimilierbaren Nährstoffe sind.

e) Durch ihr geringes Absorptionsvermögen für die Nährstoffe infolge ihres niedrigen Gehaltes an abschlämmbaren Bestandteilen.

Infolge dieser Eigenschaften wirkt eine Düngung auf dem Sandboden schnell aber nicht nachhaltig. Die löslichen Nährstoffe werden leicht ausgewaschen, die organischen Stoffe zersetzen sich schnell, kommen schnell zur Wirkung, zeigen aber keine nachhaltige Wirkung. Wird z. B. eine Gründüngung auf dem Sandboden zeitig im Herbst untergepflügt, so erleidet sie durch eine vorzeitige Zersetzung große Verluste.

Mit dem Ansteigen von tonigen Bestandteilen vermindern sich die ungünstigen Eigenschaften der Sandböden, und wir bezeichnen Böden, welche einen

Die Tonböden zeichnen sich aus:

a) Durch ein hohes Wasserfassungsvermögen; sie zeigen eine geringe Durchlässigkeit für Wasser. (Nasse Böden.) Auf der anderen Seite ist ihr Kapillaritäts- und daher Verdunstungsvermögen groß. Beim Austrocknen werden die Tonböden hart und rissig.

b) Durch eine schlechte Durchlüftung.

c) Durch eine hohe spezifische Wärme entsprechend ihrem hohen Wassergehalt, d. h. sie erwärmen sich schwer.

d) Durch einen hohen Gehalt an Pflanzennährstoffen.

e) Durch ein großes Absorptionsvermögen.

Infolge dieser Eigenschaften erfolgt die Zersetzung der organischen Substanzen und die Wirkung der Düngungen verhältnismäßig langsam. (Träge Bodenarten.) Für die reinen Tonböden sind die Bezeichnungen bindig, zäh, verschlossen usw. charakteristisch.

Mittel, die ungünstigen Eigenschaften der Tonböden abzuschwächen sind: Beseitigung des schädlichen Wasserüberschusses (Entwässerung) und mechanische Auflockerung durch entsprechende Bodenbearbeitung und Zufuhr von bodenlockernden Mitteln (organischen Substanzen und Ätzkalk).

5. **Kalkböden.** Unter Kalkböden verstehen wir solche Böden, welche sich durch einen sehr hohen Gehalt an kohlensaurem Kalk bezw. kohlensaurem Kalk und kohlensaurer Magnesia (Dolomit) auszeichnen. Diese eigentlichen Kalkböden, welche nur selten vorkommen, sind meist arm an allen anderen Pflanzennährstoffen, trocken und unfruchtbar. Tritt der Kalkgehalt zurück und befindet sich der Kalk in gleichmäßiger Verteilung in einer sandig-tonigen Grundmasse, so ändern sich die Verhältnisse und wir haben es dann mit günstigen Mergelböden zu tun. Hierher gehört auch der bereits unter den Lehmböden besprochene Lößlehmboden.

6. **Humusböden.** Unter diesen verstehen wir solche Böden, welche sich durch einen sehr hohen Gehalt an Humusstoffen auszeichnen. Es können dies Sand-, Lehm-, Ton- und Kalkböden sein. Durch den Humus wird das Wasserfassungsvermögen der Sandböden erhöht, die Bindigkeit der Tonböden abgeschwächt. Gleichzeitig werden die Böden durch den Humus mit Stickstoff angereichert.

7. **Moorböden.** Unter diesen verstehen wir Böden, welche im wesentlichen aus organischen Stoffen (Resten abgestorbener Pflanzen) bestehen, so daß bei ihnen im Gegensatz zu allen anderen Böden die mineralischen Bestandteile ganz zurücktreten.

Die Moorböden zeichnen sich aus:

a) Durch ihr außerordentlich hohes Wasserfassungsvermögen. Auf der anderen Seite zeigen sie ein starkes Kapillaritätsvermögen.

b) Durch eine schlechte Durchlüftung.

c) Durch eine hohe spezifische Wärme entsprechend ihrem hohen Wassergehalt, d. h. sie erwärmen sich schwer.

d) Durch ihr geringes Volumengewicht.

Die Moorböden sind daher kalte, nasse, schlecht durchlüftbare Böden, in welchen sich leicht zahlreiche schädliche Zersetzungsvorgänge abspielen können.

Der Gehalt an Pflanzennährstoffen hängt von der Art der Moorbildung ab:

Die Hochmoorböden sind arm an Phosphorsäure, Kali und Kalk; auch muß ihnen Stickstoff zugeführt werden.

Die Niederungsmoorböden sind bei einem höheren Gehalt an Sand und Ton meist reich an Stickstoff und Kalk, bisweilen auch an Phosphorsäure, dagegen arm an Kali, wenngleich auch daran reicher als die Hochmoorböden.

Kulturmaßregeln sind: Entwässerung, Durchlüftung, Zufuhr von Kalk beim Hochmoorboden, Bedeckung oder Vermischung ihrer oberen Schichten mit mineralischen Böden (Rimpausche Sanddeckkultur, Niederländische Sandmischkultur). Durch diese Kulturmaßregeln werden die ungünstigen Eigenschaften der Moorböden beseitigt bezw. stark abgeschwächt und die Moorböden zu den dankbarsten Kulturmedien gestaltet.[1])

3. Die Bodenbearbeitung.

Für eine gesunde und kräftige Entwicklung der Pflanze müssen im Boden die richtigen Luft-, Wärme- und Wasserverhältnisse herrschen. Die Wurzeln unserer Landpflanzen gebrauchen für ihre Tätigkeit eine reichliche Luftzufuhr und nur bei genügender Luftzirkulation können im Boden die nützlichen Vorgänge: Verwesung, Salpeterbildung, Stickstoffassimilation usw. in der erwünschten Weise vor sich gehen, während sich bei Luftmangel schädliche Reduktionsprozesse der verschiedensten Art abspielen. Deshalb muß der Boden die erwünschte Auflockerung erfahren, natürlich unter Berücksichtigung des für die einzelnen Kulturpflanzen vorteilhaften Standortes. Zu hohe Wassermengen verhindern die Luftzirkulation; es muß deshalb bei Böden, welche an einem Überschuß von Nässe leiden, eine Entwässerung stattfinden. Die meisten Bodenarten leiden aber mehr an einem Wassermangel, als an einem Wasserüberschuß, besonders in der Vegetationszeit, wo der Bedarf der Pflanzen an Wasser ein großer ist. Nehmen wir für den Sandboden eine durchschnittliche Wasserkapazität von 20%, für den Lehmboden eine solche von 30% und für den Tonboden eine solche von 40% an und als für das Gedeihen der Pflanze günstigste Wassermenge 60% der wasserfassenden Kraft des Bodens, so wäre der für den Sandboden günstigste Wassergehalt 12%, für den Lehmboden 18% und für den Tonboden 24%. Dieser günstigste Wassergehalt wird nun in den Frühjahrs- und Sommermonaten auf den meisten Bodenarten nicht erreicht, so daß es darauf ankommt, die Winterfeuchtigkeit und die in den Vegetationsmonaten fallenden Niederschläge nach Möglichkeit dem Boden zu erhalten. Wassererhaltend wirken das Schälen der Stoppel, das Pflügen, das Eggen und das Hacken. Durch diese Kulturmaßregeln, die in erster Linie das Auflockern des Bodens bezwecken sollen, wird die Kapillarität, durch welche

[1]) Näheres über die Moorböden bieten die umfangreichen Arbeiten von Fleischer, Tacke, Baumann u. a.

ständig Wasser aus den unteren Schichten nach den oberen befördert wird, unterbrochen und die Wasserverdunstung an der Oberfläche eingeschränkt. Bei dem Pflügen ist aber zu bedenken, daß hier eine starke Schicht von den unteren festen Bodenschichten nicht mit Wasser versorgt werden kann, so daß gepflügter Acker bei trockner Witterung zum Schaden der Entwicklung der jungen Pflanzen leicht austrocknen kann. Aus diesem Grunde ist ein Pflügen im Frühjahr auf allen mehr trocknen Böden weniger empfehlenswert, als ein Pflügen im Herbst. Auf den mehr feuchten, nicht zu schweren Böden kann umgekehrt das Pflügen im Frühjahr größere Vorteile bringen, da hier eine Wasserverdunstung aus den oberen Schichten die für diese Bodenarten erwünschte Erwärmung herbeiführt. Dies macht sich z. B. oft bei der Entwicklung der wärmebedürftigen Zuckerrüben auf solchen Böden bemerkbar; man sieht häufig, daß sich auf solchen Böden die Rüben auf dem im Frühjahr gepflügten Acker besser entwickeln, als auf dem im Herbst gepflügten. In umgekehrter Richtung wie das Schälen, Pflügen, Eggen und Hacken wirkt das Walzen. Durch das Walzen wird die Kapillarität und damit die Wasserverdunstung gesteigert; es hat deshalb da, wo das Walzen sich als notwendig erweist, nach dem Walzen bald darauf ein Hacken bezw. Eggen zu erfolgen, wodurch die Kapillarität wieder unterbrochen wird. Ein Walzen ist in gewissen Fällen, wie bekannt, unbedingt notwendig, so z. B. bei der Bestellung der Zuckerrüben, welche einerseits eine tiefe Pflugfurche erfordern und andererseits ein gleichmäßiges festes Saatbett. Nur durch letzteres wird eine gleichmäßige Saat und ein flaches Unterbringen der Rübensamen ermöglicht und gleichzeitig die Feuchtigkeit aus tieferen Schichten herangezogen. Auch kann ein Walzen in trockner Zeit beim Getreide in der Jugend, um dieses durch eine Wasserversorgung aus den unteren Schichten über eine Durstperiode hinwegzuhelfen, wohl am Platze sein. Nur hat danach wieder eine Auflockerung durch die Hacke oder Egge zu erfolgen. In gleicher Richtung wie die Walze wirken die Druckrollen, welche insofern noch vorteilhafter sind, als die Zwischenstreifen in lockerem Zustande verbleiben.

Umfangreiche Versuche sind in dem letzten Jahrzehnt über die künstliche Bewässerung ausgeführt worden, besonders von Gerlach und Krüger im Kaiser Wilhelms-Institut zu Bromberg. Bei diesen Versuchen ließen sich in trocknen und feuchten Jahren auf dem leichten Ackerboden durch eine Bewässerung die Erträge wesentlich steigern, dagegen hat sich auf gutem Boden in Jahren mit normalen Niederschlägen die Bewässerung nicht als notwendig und zweckmäßig erwiesen. Daher wird der leichte Boden fast regelmäßig, der gute dagegen nur in trocknen Jahren eine Bewässerung lohnen. Die beste Ausnutzung des Wassers wurde nur bei reichlicher Düngung und durch ein Bespritzen bezw. Beregnen im Gegensatz zum Berieseln erzielt. Bei diesen Versuchen verwertet sich 1 cbm Wasser im Durchschnitt mit 12 Pf. Diese Verwertung kann in trocknen Jahren eine Höhe von 20—30 Pf. erreichen, in feuchten Jahren aber auf 7, 5 und 3 Pf. heruntergehen. Für das Herbeischaffen und Ausspritzen des Wassers ergab sich für 1 cbm eine Ausgabe von 7 Pf. Demnach wird sich im Deutschen Reiche eine Bewässerung des leichten Ackerbodens vielfach als rentabel erweisen,

besonders da, wo die Ausgaben für das Wasser noch herabgesetzt werden können. Wohltmann nimmt an, daß nur dasjenige Land, welches unter 500 mm Niederschläge erhält, eine regelmäßige Bewässerung nötig hat. Das würde nur 5% der gesamten Fläche sein. Gerlach und Krüger stehen auf dem Standpunkt, daß sich auch auf den leichten Böden mit 500—600 mm Niederschlägen noch eine Bewässerung lohnt und man ¼ der Gesamtfläche hiervon für die Bewässerung heranziehen kann, so daß im ganzen rund 15% der Ackerfläche gleich 4 Millionen Hektar in Frage kommen. Es hat von Fall zu Fall eine eingehende Prüfung der Verhältnisse stattzufinden und vor allem muß geprüft werden, ob eine intensive (80—100 mm) oder extensive (etwa 30 mm) Bewässerung am Platze ist. Voraussichtlich ist unter den meisten Verhältnissen von einer extensiven Bewässerung eine größere Rentabilität zu erwarten, als von einer intensiven.

Alles Nähere über die Bodenbearbeitung gehört in das Gebiet der Kulturtechnik.

Dritter Teil.

Die Düngung.

Als unentbehrlich für das pflanzliche Leben haben wir im ersten Teil folgende Stoffe kennen gelernt: Kohlensäure, Sauerstoff, Wasser, Stickstoff, Schwefel, Phosphor, Kalium, Kalzium, Magnesium und Eisen; als entbehrlich, aber unter Umständen als nützlich: Silizium, Chlor und Natrium. Kohlensäure, Sauerstoff und Wasser werden von der Atmosphäre geliefert, alle anderen Stoffe muß die Pflanze den festen Bestandteilen des Bodens entnehmen, auch den Stickstoff, mit Ausnahme des Teiles, welchen die Leguminosen von den mit ihnen in Symbiose lebenden Bakterien beziehen. Derjenige Teil des Stickstoffs, welcher durch die im Boden freilebenden niederen Organismen aus der Atmosphäre bezogen, oder durch andere Naturvorgänge dem Boden zugeführt wird, muß ja erst zum Bodenbestandteil werden, ehe er von der Pflanze verwertet werden kann.

Soweit der Nährstoffvorrat des Bodens für Höchstproduktionen nicht ausreicht, muß er durch die Düngung ergänzt werden. Für die Düngung haben nun die obigen Nährstoffe eine verschiedene Bedeutung, da 1. der Boden an dem einen Nährstoff reich, an dem anderen arm ist und 2. die Pflanze von dem einen Nährstoff viel, von dem anderen wenig bedarf. So ist der Bedarf der Pflanze an Schwefel, Magnesium und Eisen so gering, daß alle Böden vorderhand den Bedarf an diesen Nährstoffen zu decken vermögen. Dazu kommt, daß wir diese Stoffe dem Boden durch die meisten Düngemittel unbeabsichtigt zuführen. Es kommen also für die Düngung in Frage: Der Stickstoff, die Phosphorsäure, das Kali und hier und da der Kalk. Diesen Stoffen ist bei der Düngung die größte Aufmerksamkeit zu schenken.

Die Stoffe, welche als Düngemittel Verwendung finden, stammen aus allen drei Naturreichen. Man kann demnach unterscheiden zwischen animalischen (Beispiel: der Stalldünger), vegetabilischen (Beispiel: die Gründüngung) und mineralischen Düngemitteln (Beispiel: Salpeter, Kalisalze). Im gewöhnlichen Leben pflegt man zu unterscheiden zwischen Naturdüngern und Kunstdüngern und versteht unter den letzteren für gewöhnlich alle Handelsdünger. Die Bezeichnung Kunstdünger ist nicht ganz richtig, denn viele Handelsdünger sind keine Kunst-

dünger, sondern Naturprodukte, wie z. B. die Kalirohsalze oder der Guano. Auch andere sogenannte Kunstdünger, wie z. B. der Salpeter, sind eigentlich Naturdünger. Hiernach ist es richtiger, zwischen Naturdüngern und Handelsdüngern zu unterscheiden.

Erstes Kapitel.

Die verschiedenen Düngemittel und ihre Anwendung.

Die Naturdünger.

Zu diesen gehören: Der Stalldünger und die Jauche, die menschlichen Fäkalien, der Kompostdünger, die Gründüngung. Allen diesen Naturdüngern ist gemeinsam, daß sie 1. sämtliche Pflanzennährstoffe enthalten, 2. organische Substanz. Durch die letztere wird der Boden nach verschiedener Richtung beeinflußt. Er wird einerseits durch die organische Substanz physikalisch verändert, andererseits in bakteriologischer Beziehung nach der verschiedensten Richtung hin beeinflußt. Es wird bei der Zersetzung der organischen Substanz Kohlensäure entwickelt, welche lösend wirkt, Stickstoffverluste und Stickstoffgewinn werden durch die organische Substanz hervorgerufen, Humus gebildet, welcher bekanntlich im Ackerboden eine besondere Rolle spielt.

Von den Naturdüngern haben für die Landwirtschaft eine große Bedeutung der Stalldünger bezw. die Jauche und die Gründüngung, während die menschlichen Fäkalien und der Kompostdünger nur eine untergeordnete Rolle spielen.

1. Der Stalldünger.

Die Zusammensetzung des Stalldüngers.

Der Stalldünger bildet bekanntlich in allen Betrieben mit Viehhaltung den Hauptdünger. Er ist für alle Böden ein geeignetes Düngemittel, mit Ausnahme der Moorböden, welche schon überaus reich sind an Humusstoffen.

Die Zusammensetzung des Stalldüngers ist eine außerordentlich verschiedene; sie ist abhängig:

1. Von der Tierart. Man unterscheidet Rinder-, Pferde-, Schaf-, Schweinedünger usw. Die Zusammensetzung dieser Dünger ist eine verschiedene.

2. Von der Art der Fütterung. Je reichlicher die Fütterung, desto nährstoffreicher der Stalldünger. Eine eiweißreiche Fütterung erzeugt einen stickstoffreicheren Stalldünger, als eine eiweißarme Fütterung, eine an Kraftfutter reiche Fütterung auch einen phosphorsäurereicheren Dünger, als eine an Kraftfutter arme Fütterung.

3. Von der Art der Einstreu. Ein Torfstreudünger zeigt andere Eigenschaften als ein Strohdünger, ein Dünger mit reicher Stroheinstreu andere als ein solcher mit schwacher Stroheinstreu.

4. Von der Art der Behandlung und Aufbewahrung. Je besser die Aufbewahrung, desto günstiger die Zusammensetzung des Stalldüngers.

5. Vom Alter. Beim Lagern des Stalldüngers erleiden die organische Substanz und der Stickstoff große Verluste und Umwandlungen, wodurch die Zusammensetzung des Stalldüngers stark beeinflußt wird.

Der Stickstoff und die Mineralstoffe finden sich beim Erhaltungsfutter und bei der Mast ausgewachsener Tiere ganz oder nahezu ganz in den tierischen Ausscheidungen wieder, während bei wachsenden und milchproduzierenden Tieren ein kleinerer Teil von diesen Stoffen in Abzug zu bringen ist. Da die festen Exkremente aus den unverdauten Teilen der Nahrung bestehen, so sind die Nährstoffe im Kot in schwerlöslicher Form enthalten, während der Harn die verdauten Nährstoffe in leicht löslicher Form enthält.

Die Zusammensetzung des Kotes und Harnes ist bei den verschiedenen Tierarten eine verschiedene und ist hauptsächlich infolge der verschiedenen Fütterung großen Schwankungen unterworfen. Als mittlere Zusammensetzungen gibt Stutzer in Mentzel und v. Lengerkes Landw. Kalender die folgenden an:

Rindvieh:

	Stickstoff (N)	Phosphorsäure (P_2O_5)	Kali (K_2O)
	%	%	%
Frischer Kot . . .	0,30[1])	0,28	0,14
Frischer Harn . .	1,00[1])	0,15	1,55

Demnach zeigt der Harn einen weit höheren Stickstoff- und Kaligehalt als der Kot, während die Phosphorsäure sich in weit größerer Menge im Kot befindet. Der Kot des Rindviehes ist von sehr wäßriger Beschaffenheit und zeigt infolge des intensiven Verdauungsprozesses eine sehr feine Verteilung. Nach Verdunstung des Wassers nimmt er eine feste kuchenartige Beschaffenheit an, so daß die Zersetzung des Kuhkotes verhältnismäßig langsam erfolgt, „Kalter Mist“..

Pferd:

	Stickstoff (N)	Phosphorsäure (P_2O_5)	Kali (K_2O)
	%	%	%
Frischer Kot . . .	0,56	0,30	0,33
Frischer Harn. . .	1,52	Spuren	1,65

[1]) Die Zahlen der neueren Stutzerschen Tabellen weichen von denen der älteren Tabellen etwas ab, besonders der Stickstoffgehalt des Rinderharns, welcher jetzt statt 1,0 mit 1,6 % angegeben wird. Stutzer hat bei dieser Angabe die intensive Fütterung mehr berücksichtigt. Da aber nicht allgemein so intensiv gefüttert wird, vielfach ein Erhaltungsfutter nur in Frage kommt und die älteren Zahlen mehr der angegebenen mittleren Zusammensetzung des Mischdüngers entsprechen, so sollen für Harn und Kot des Rindviehs die älteren Stickstoffzahlen beibehalten werden.

Die Verteilung der Nährstoffe auf den Kot und den Harn ist demnach hier ungefähr dieselbe als beim Rindvieh; der Harn des Pferdes zeigt noch einen höheren Stickstoffgehalt als der des Rindviehs. Der Kot des Pferdes ist trockener als der des letzteren und hat bei dem Verdauungsprozeß eine nicht soweit gehende Zerkleinerung erfahren. Er ist nach seiner ganzen Beschaffenheit den Zersetzungsfaktoren leichter zugänglich, so daß bei seiner Zersetzung, besonders bei eiweißreicher Fütterung, eine starke Erwärmung eintritt, „Hitziger Mist". Infolgedessen eignet sich der Pferdedünger besonders für kalte, zähe, tonige Böden, die seine Zersetzung einerseits mäßigen, während sie andererseits selbst eine Lockerung und Erwärmung erfahren.

Schaf:

	Stickstoff (N) %	Phosphorsäure (P_2O_5) %	Kali (K_2O) %
Frischer Kot . . .	0,62	0,30	0,17
Frischer Harn . . .	1,58	0,13	1,85

Demnach zeigen die Ausscheidungen des Schafes einen noch etwas höheren Nährstoffgehalt als die des Pferdes. Der Kot ist noch trockener als der des Pferdes und ist wie dieser den Zersetzungsfaktoren verhältnismäßig leicht zugänglich.

Schwein:

	Stickstoff (N) %	Phosphorsäure (P_2O_5) %	Kali (K_2O) %
Frischer Kot . . .	0,60	0,60	0,50
Frischer Harn . . .	0,64	0,16	0,80

Hiernach sind die Ausscheidungen des Schweines am wenigsten wertvoll; der Stickstoffgehalt des Harnes ist im Vergleich zu dem des Harnes der anderen Tierarten ein sehr niedriger.

Von allen Bestandteilen der Ausscheidungen ist der Harnstickstoff der bei weitem wertvollste; er bestimmt in erster Linie den Wert des Stalldüngers.

Sehr stickstoffreich ist, wie die obigen Zahlen zeigen, der frisch aus dem Stall ablaufende Harn. Es enthält nach obiger Zusammenstellung frischer Schaf- und Pferdeharn durchschnittlich 1,5—1,6 %, frischer Rinderharn 1,0 % und frischer Schweineharn 0,6 % Stickstoff. Sehr wenig wertvoll ist dagegen die von den Düngerstätten abfließende Jauche, die infolge der durchgemachten Zersetzungen bezw. Umsetzungen und der hinzugekommenen Niederschlagsmengen nur geringe Stickstoffprozente aufweist. So enthielt z. B. nach Untersuchungen vom Verfasser eine von einer überdachten Düngerstätte abgeflossene Jauche nur 0,06 %, die von einer offenen nur 0,01 % Stickstoff. Stutzer gibt für die Jauche von überdachter Düngerstätte 0,25, für die von offener 0,22 % Stickstoff an.

Die Zusammensetzung der Stalldüngerarten (Kot, Harn und Einstreu) ist außerordentlich großen Schwankungen unterworfen. Sie ist, wie wir sehen, abhängig von der Tierart, der Fütterung, der Einstreu, der Art der Aufbewahrung und dem Alter.

Welche Schwankungen die Stalldüngerarten aufweisen, zeigen z. B. Untersuchungen, welche der Verfasser[1]) mit W. Naumann über die Zusammensetzung des Stalldüngers ausführte. Es betrug der höchste, niedrigste und mittlere Gehalt bei 51 Stalldüngerarten aus Wirtschaften der Provinz Sachsen:

	Gesamt-Stickstoff %	Löslicher Stickstoff %	Von 100 Teilen Gesamtstickstoff sind löslich %
Schafdünger.			
Höchster Gehalt . . .	1,530	0,790	51,6
Niedrigster Gehalt . .	0,546	0,262	48,0
Mittlerer Gehalt . . .	0,899	0,405	44,5[2])
Pferdedünger.			
Höchster Gehalt . . .	0,796	0,478	60,0
Niedrigster Gehalt . .	0,386	0,120	31,1
Mittlerer Gehalt . . .	0,586	0,240	39,3[2])
Rinderdünger.			
Höchster Gehalt . . .	0,758	0,216	28,5
Niedrigster Gehalt . .	0,366	0,132	36,1
Mittlerer Gehalt . . .	0,487	0,139	28,3[2])
Mischdünger.			
Höchster Gehalt . . .	0,972	0,348	35,8
Niedrigster Gehalt . .	0,308	0,088	28,6
Mittlerer Gehalt . . .	0,505	0,154	31,9[2])

Mit Ausnahme der Schafdünger, welche Tiefställen entstammten, entstammten die anderen Dünger mit wenigen Ausnahmen offenen Düngerstätten.

Die Zahlen zeigen,

1. daß außerordentlich große Schwankungen unter den Stalldüngern ein und derselben Tierart vorhanden sind,

2. daß der Schafdünger am wertvollsten ist, hierauf der Pferdedünger folgt und den geringsten Stickstoffgehalt Rinderdünger und Mischdünger aufweisen. Daß der Schafdünger obenan steht, liegt einmal daran, daß derselbe Tiefställen entstammt und dann an dem konzentrierten stickstoffreichen Harn der Schafe.

Es enthielten im Durchschnitt:

	Gesamt-Stickstoff %	Löslicher Stickstoff %	Von 100 Teilen Gesamtstickstoff sind löslich %
Schafdünger	0,899	0,405	44,5
Pferdedünger	0,586	0,240	39,3
Rinderdünger	0,487	0,139	28,3
Mischdünger	0,505	0,154	31,9

[1]) Maercker, Jahrbuch der agrik.-chem. Versuchsstation Halle a. S. II, 1896. Berlin, Verlag P. Parey, 1897.

[2]) Durchschnitt aus den einzeln berechneten Zahlen.

Stutzer gibt in Mentzel und v. Lengerkes Landwirtschaftlichem Kalender folgende Zahlen für die mittlere Zusammensetzung der Stalldüngerarten an:

	Trockensubstanz %	Gesamtstickstoff %	Leicht löslicher Stickstoff %	Phosphorsäure %	Kali %	Kalk %	Magnesia %	Schwefelsäure %	Chlor %
Rinderdünger frisch	22,5	0,42	0,15	0,25	0,50	0,45	0,10	0,08	0,10
„ „ von einer Produktionsfütterung[1])	22,5	0,60	0,30	0,30	0,60	—	—	—	—
Pferdedünger, frisch	28,7	0,58	0,20	0,28	0,53	0,25	0,14	0,07	0,04
Schafdünger, frisch	32,0	0,85	0,30	0,23	0,67	0,33	0,18	0,15	0,17
Schweinedünger, frisch	27,6	0,45	0,08	0,19	0,60	0,08	0,09	0,08	0,17
Gew. Stalldünger, frisch	25,0	0,50	0,20	0,20	0,60	0,50	0,12	0,10	0,13
„ „ aus offener Düngerstätte nach 3—5monat. Lagerung	23,0	0,55	0,13	0,25	0,70	0,70	0,18	0,15	0,19
Tiefstalldünger von einer Produktionsfütterung nach 3—5monatiger Lagerung	25,0	0,75	0,25	0,40	0,70	0,85	0,21	0,18	0,20

Der Stalldünger enthält demnach sämtliche Pflanzennährstoffe, wenn auch einige, wie Magnesia, schwefelsaure Salze und Chlorsalze nur in geringer Menge; auch geringe Mengen von Eisen, die hier nicht mit aufgeführt sind, finden sich vor. Der wertvollste Bestandteil ist der Stickstoff, speziell der lösliche Stickstoff (Harn-, Ammoniak- und Salpeterstickstoff). Frischer Stalldünger, der noch keine oder geringe Stickstoffverluste erlitten hat, ist naturgemäß reicher an löslichem Stickstoff, als älterer, gelagerter Stalldünger, welcher schon größere Stickstoffverluste erlitten hat. Nach der obigen Zusammenstellung sind vorhanden:

	Von 100 Teilen Gesamtstickstoff löslicher Stickstoff
Rinderdünger, frisch von Produktionsfütterung	50 %
Gew. Stalldünger, frisch	40 „
„ „ aus offener Düngerstätte nach 3—5monat. Lagerung	24 „

(Siehe hierzu Berechnung.)

Daß ein älterer Stalldünger durchschnittlich prozentisch mehr Gesamtstickstoff und auch prozentisch mehr Mineralstoffe enthält als ein frischer, hat natürlich seine Ursache in der Zersetzung der organischen Substanz, infolgedessen jene Nährstoffe mit zunehmendem Alter des Stalldüngers prozentisch mehr hervor-

[1]) Nach Untersuchungen des Verfassers.

treten. Von den länger aufbewahrten Stalldüngerarten steht der Tiefstalldünger in der Qualität obenan. Schlecht aufbewahrter Stalldünger kann seinen löslichen Stickstoff bis auf Spuren verlieren.

Die Berechnung der Zusammensetzung des Stalldüngers aus der Zusammensetzung des Futters. Wenn man die Zusammensetzung des Futters kennt, kann man die Zusammensetzung des Stalldüngers annähernd berechnen, bei der Produktionsfütterung unter Berücksichtigung der durch die Produktion dem Futter entzogenen Nährstoffe. Bei der Berechnung des im Stalldünger erscheinenden löslichen Stickstoffs ist nicht das verdauliche Reineiweiß des Futters zugrunde zu legen, sondern das verdauliche Rohprotein, welches die verdaulichen Amide einschließt. Ein Beispiel hierfür: Es sollen 20 junge Mastochsen mit einem durchschnittlichen Lebendgewicht von 500 kg = 10000 kg Gesamtgewicht auf 1000 kg Lebendgewicht 2 kg verdauliches Eiweiß in Form der folgenden Ration erhalten, so kommen auf das verdauliche Eiweiß nach Mentzel und v. Lengerkes Landwirtschaftlichem Kalender folgende Mengen an verdaulichem Rohprotein und Gesamt-Rohprotein:

Proteinmengen auf 10000 kg Lebendgewicht:

	verd. Eiweiß %	verd. Eiweiß kg	verd. Roh-protein %	verd. Roh-protein kg	Ges.-Roh-protein %	Ges.-Roh-protein kg
50 kg Gerstenstroh . .	0,6	0,3	0,9	0,45	3,5	1,75
50 „ Wiesenheu . . .	3,8	1,9	5,4	2,70	9,7	4,85
500 „ gesäuerte Schnitzel	0,3	1,5	0,5	2,50	1,0	5,00
20 „ Weizenkleie . . .	9,1	1,8	11,3	2,26	14,3	2,86
20 „ Reismehl . . .	6,0	1,2	6,8	1,36	12,0	2,40
30 „ Baumwollsaatmehl	38.0	11,4	39,7	11,91	46,2	13,86
30 „ Maisschrot . . .	6,6	1,9	7,1	2,13	9,9	2,97
Summa		20,0		23,31		33,69
+ 100 kg Einstreu (Gerstenstroh mit 3,5 % Ges.-Rohprotein) (pro Stück 5 kg)						3,50
verd. Rohprotein	= 23,31 kg,			Ges.-Rohprotein	= 37,19 kg	
entsprechend Stickstoff	3,73 „ ,			entsprechend Stickstoff	5,95 „	
— Stickstoff der Lebendgewichtszunahme von 20 kg[1]) mit 1,87 % Stickstoff[2]) . .	— 0,37 „				— 0,37 „	
Demnach kommen auf den Dünger lösl. Stickstoff . .	= 3,36 kg			Gesamt-Stickstoff	= 5,58 kg	

Um den prozentischen Gehalt des Düngers an Gesamt-Stickstoff und löslichem Stickstoff zu ermitteln, muß man die Menge des erzeugten Stalldüngers

[1]) Angenommene Lebendgewichtszunahme 1 kg pro Tag und Stück.
[2]) Nach Mentzel und v. Lengerkes Landw. Kalender.

kennen. Diese kann man durch das Gewicht feststellen oder berechnen. Für die Berechnung nimmt man vielfach an, daß die Hälfte der verzehrten Trockensubstanz im Dünger wieder erscheint. Das trifft nun wohl ungefähr zu für das Rauhfutter, nicht aber für die Wurzelfrüchte bezw. deren Rückstände und die Kraftfuttermittel. Bei diesen ist die Verdaulichkeit der Trockensubstanz erheblich höher, so daß von dieser sehr viel weniger als die Hälfte im Dünger wieder erscheint, auch mit Berücksichtigung der Harn-Trockensubstanz. Es gestalten sich für die obige Ration die Verhältnisse folgendermaßen:

	Trockensubstanz %	Trockensubstanz kg	Verdaul. Koeffizient	Verdaul. Trockensubstanz kg	Unverdaul. Trockensubstanz kg
50 kg Gerstenstroh . .	85,7	42,85	52	22,28	20,57
50 „ Wiesenheu . . .	85,7	42,85	61	26,14	16,71
500 „ gesäuerte Schnitzel	11,6	58,00	77	44,66	13,34
20 „ Weizenkleie . . .	87,8	17,56	69	12,12	5,44
20 „ Reismehl . . .	87,4	17,48	69	12,06	5,42
30 „ Baumwollsaatmehl	92,0	27,60	76	20,98	6,62
30 „ Maisschrot . . .	87,0	26,10	90	23,49	2,61
		232,44			70,71
	Die Hälfte:	116,22			

\+ Trockensubstanz von 240 kg Harn (20 Stück à 12 kg Harn[1]) täglich mit 7,7% Trockensubstanz . . . . . 18,48 kg

Kot-Trockensubstanz + Harn-Trockensubstanz . . . . . 89,19 kg

\+ Trockensubstanz von 100 kg Einstreu (Gerstenstroh mit 85,7% Trockensubstanz) . . . . . 85,70 kg

Summa Trockensubstanz 174,89 kg

Entsprechend frischem Stalldünger mit 22,5% Trockensubstanz . . 777 kg[2])

(39 kg = 78 Pfund pro Tag und Stück.)

Demnach berechnen sich für den erzeugten Stalldünger folgende Stickstoffprozente:

$$777 : 5{,}58 = 100 : x,\ x = 0{,}718\,\%\ \text{Gesamt-Stickstoff.}$$
$$777 : 3{,}36 = 100 : y,\ y = 0{,}432\,\%\ \text{löslicher Stickstoff.}$$
$$= 60{,}2\,\%\ \text{des Gesamt-Stickstoffs.}$$

Angenommen, es wäre dieselbe Ration an Milchkühe verfüttert, und dieselben hätten bei gleichbleibendem Lebendgewicht einen täglichen Milchertrag von 12,5 kg pro Tag und Stück ergeben, so würden von den obigen Stickstoffmengen: 3,73 kg verdaulichem Stickstoff und 5,95 kg Gesamt-Stickstoff folgende Stickstoffmengen für die erzeugte Milch in Abzug zu bringen sein:

---

[1]) Nach Ermittlungen der Versuchsstation Möckern.

[2]) Für 20 Stück Ochsen.

	Verdaul. Stickstoff kg	Gesamt-Stickstoff kg
	3,73	5,95
— Stickstoff von 250 kg Milch (20 × 12,5) mit 0,54% Stickstoff	1,35	1,35
	2,38	4,60

Danach berechnen sich in diesem Fall für den erzeugten Stalldünger folgende Stickstoffprozente:

777 : 4,60 = 100 : x, x = 0,592% Gesamt-Stickstoff
777 : 2,38 = 100 : y, y = 0,306% löslicher Stickstoff
= 51,7% des Gesamt-Stickstoffs.

Diese beiden Beispiele zeigen gleichzeitig, daß der einer stärkeren Produktionsfütterung entstammende Stalldünger im frischen Zustande einen hohen Gehalt an Stickstoff, speziell an wertvollem löslichen Stickstoff aufweist. Bei schwacher Produktionsfütterung und noch mehr beim Erhaltungsfutter ist der Stickstoffgehalt ein weit niedrigerer. In Anbetracht dessen und aus dem Grunde als es nicht gelingt, durch die Einstreu im Stall den Harn quantitativ aufzufangen und dieser auch gleich im ersten Stadium gewisse Stickstoffverluste erleidet, liegen die im vorigen Abschnitt für frischen Stalldünger aufgeführten Mittelzahlen niedriger.

Die Verluste des Stalldüngers beim Lagern.

Der Stalldünger erleidet beim Lagern große Verluste an Trockensubstanz und Stickstoff. Die Stickstoffverluste betreffen fast ausschließlich den wertvollen Harnstickstoff. Der Harn unterliegt gleich nach seiner Ausscheidung aus dem tierischen Körper der Harngärung, wobei der zunächst nicht flüchtige Harnstickstoff in kohlensaures Ammoniak verwandelt wird, welches sich leicht spaltet und in großen Mengen in die Luft entweicht. Diese Verluste sind um so größer, je mehr der Harn der Luft ausgesetzt ist, und finden statt sowohl im Stalle als auf der Düngerstätte. Auf der letzteren wird dann weiter ein Teil des gebildeten Ammoniaks in Salpeter verwandelt, welcher durch Bakterien zu freiem Stickstoff reduziert wird, der auch wieder in die Luft entweicht. Zu diesem Zerstörungswerk finden die Bakterien eine reichliche Nährstoffquelle (Kohlenstoffquelle) in der organischen Substanz des Kotes und des Strohes. Außer diesen Verlusten erleidet der Stalldünger hinsichtlich seiner Stickstoffverbindungen noch insofern eine Veränderung, als ein großer Teil der löslichen, wertvollen Stickstoffverbindungen (Harnstoff, Ammoniak, Salpeter) durch die Tätigkeit von Bakterien und Pilzen in unlösliche Stickstoffverbindungen (Eiweißverbindungen) übergeführt wird, wodurch die Qualität und Wirkung des Stalldüngers wesentlich verschlechtert wird.

Die Höhe der Stickstoffverluste, welche der Stalldünger unter verschiedenen Verhältnissen erleidet, ist nicht nur geschätzt, sondern auch unter rein praktischen

Verhältnissen auf das genaueste ermittelt worden. Solche Ermittlungen sind unter anderem auch von Maercker und dem Verfasser in der Versuchswirtschaft Lauchstädt ausgeführt worden.

Diese Untersuchungen haben insofern einen besonderen Wert, als durch sie festgestellt wurde, wie sich die Verhältnisse bei einem gleichen Ausgangsmaterial in einem Tiefstall, wo der Dünger unter den Tieren bekanntlich liegen bleibt, auf einer überdachten Düngerstätte und auf einer offenen Düngerstätte gestaltet. Es mögen deshalb diese Versuche hier angeführt werden:

Es wurden für die Versuche 24 Stück 3jährige Ochsen aufgestellt und zwar von diesen 12 Stück in einem Tiefstall und 12 Stück in einem gewöhnlichen Stall (Flachstall), aus welchem der Dünger alle 2 Tage, das eine Mal auf die überdachte, das andere Mal auf die offene Düngerstätte, gebracht wurde. Die Fütterung dieser beiden Abteilungen erfolgte ganz gleichmäßig, so daß, da auch die Einstreu im Tiefstall genau so bemessen wurde als im Flachstall, nämlich so reichlich, daß aus dem Flachstall keine Jauche abfloß, volle Gleichheit der Verhältnisse für die Düngerproduktion in beiden Ställen vorlag. Es wurde somit, da auch die Gewichtszunahme der zur Mast aufgestellten Ochsen in beiden Abteilungen ziemlich gleich verlief, ein Dünger von gleichmäßiger Beschaffenheit erzeugt.

Eine kleine Störung fand nur dadurch statt, daß etwa in der Hälfte des Versuchs in jeder Abteilung ein Stier erkrankte und geschlachtet werden mußte, so daß der erzeugte Dünger auf 11½ Stück Großvieh kam. Die Tiere wurden mit einem Lebendgewicht von 429 kg pro Stück aufgestellt und brachten es während der Mästung auf ein Durchschnittslebendgewicht von 568 kg. Der Versuch dauerte 136 Tage, während welcher Zeit der Dünger in dem Tiefstall unter den Tieren liegen blieb. Aus dem Tiefstall, dessen Unterlage absolut wasserdicht betoniert war, lief nicht die geringste Jauchemenge ab, während von der überdachten Düngerstätte in oben genannter Zeit 18,4, von der offenen Düngerstätte 62,0 dz Jauche in der Grube gesammelt wurden. Es wurde der Jauche in der Jauchegrube absichtlich ein Konservierungsmittel nicht zugesetzt, um die in der gewöhnlichen Praxis gebräuchlichen Verhältnisse auch bei diesen Versuchen einzuhalten.

Der Stickstoffgehalt des Futters und der Einstreu wurde genau ermittelt. Es wurden danach den Tieren während der ganzen Versuchszeit zugeführt:

Tiefstall:

Durch das Futter	467,55 kg	Stickstoff
durch die Einstreu	30,87 „	„
Summa	498,42 kg	Stickstoff.

Flachstall:

Durch das Futter	467,55 kg	Stickstoff
durch die Einstreu	30,92 „	„
Summa	498,47 kg	Stickstoff.

Es zeigten nun nach 136 Tagen, während welcher Zeit der Dünger erzeugt wurde, die drei Dünger folgende Zusammensetzung:

Trockensubstanz- und Stickstoffgehalt:

Art des Düngers	Trockensubstanz %	Stickstoff-Prozente: Gesamt-N	Eiweiß-N	Ammoniak-N	Salpeter-N	Amid-N	Von 100 Teilen Stickstoff sind: Eiweiß-N	Ammoniak-N	Salpeter-N	Amid-N	Stickstoff in schnell wirksamer Form
Tiefstalldünger	28	0,777	0,506	0,186	0,015	0,070	65,1	23,9	1,9	9,1	34,9
Dünger der überdachten Düngerstätte	30	0,608	0,425	0,105	0,022	0,056	69,9	17,3	3,6	9,2	30,1
Jauche	—	0,058	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Dünger der offenen Düngerstätte	22	0,554	0,432	0,056	0,024	0,042	77,9	10,1	4,3	7,7	22,1
Jauche	—	0,010	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Phosphorsäure- und Kaligehalt.

Art des Düngers		Phosphorsäure %	Kali %
Tiefstalldünger		0,412	0,82
Überdachte Düngerstätte	Dünger	0,458	0,89
	Jauche	0,007	0,52
Offene Düngerstätte	Dünger	0,385	0,68
	Jauche	0,003	0,09

Hiernach hatte der Dünger der offenen Düngerstätte einen sehr viel niedrigeren Trockensubstanzgehalt, als derjenige der überdachten. Dies kann natürlich nicht wundernehmen, da letzterer auf der Düngerstätte nicht angefeuchtet und durch das Dach vor Regen geschützt 136 Tage lagerte und ersterer während dieser Zeit nach den ausgeführten Regenmessungen 277,5 mm Regen, demnach bei seiner Oberfläche von 50 qm der Düngerstätte 138,75 dz Wasser mehr als der Dünger der überdachten Dungerstätte erhalten hatte. Es enthielt:

Tiefstalldünger . . . . . 28% Trockensubstanz
Dünger der überdachten Düngerstätte . 30 „ „
Dünger der offenen Düngerstätte . . 22 „ „

Hiernach hatte der am lockersten lagernde Dünger der überdachten Düngerstätte, was zu erwarten war, die größte Menge Wasser verdunstet.

Im Gesamtstickstoffgehalt fielen die Dünger folgendermaßen aus:

Tiefstalldünger . . . . . 0,777% Stickstoff
Flachstall { überdachte Düngerstätte . . 0,608 „ „
offene . . . . . 0,554 „ „

Schon aus diesen Zahlen konnte man ersehen, daß die Erhaltung des Stickstoffs in dem Tiefstall bedeutend besser sein mußte.

Auch in der Form der Stickstoffverbindungen zeigte sich ein Unterschied zwischen dem Tiefstalldünger und dem Flachstalldünger insofern, als der Tiefstalldünger die größten Mengen schnell wirksamen Stickstoffs, worunter wir den Stickstoff in Form von Ammoniak, Salpeter und Amiden verstehen, enthielt, nämlich:

Tiefstalldünger . . . . von 100 Teilen Stickst. 34,9 Teile in schnell wirks. Form

Flachstall { überd. Düngerst. „ 100 „ „ 30,1 „ „ „ „ „
offene „ „ 100 „ „ 22,1 „ „ „ „ „

Nachstehende Zusammenstellung ergibt nun eine Übersicht über das Gewicht des gewonnenen Düngers, die gewonnenen Trockensubstanz- und Stickstoffmengen:

Absolute Mengen:

Art des Düngers	Gewicht des Düngers	Trockensubstanz	Stickstoff (N)					Schnell wirksamer N	Gesamt-N		Gesamt-N-Verlust
			Gesamt-N	Eiweiß-N	Ammoniak-N	Salpeter-N	Amid-N		Soll	Hat	
	dz	dz	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg
Tiefstalldünger . .	524,58	146,88	407,60	265,6	97,5	7,8	36,7	142,0	469,30	407,60	61,70
Dünger der überdachten Düngerstätte	483,84[1])	145,15	294,17	205,7	50,8	10,6	27,1	88,5	467,65	295,24	172,41
Jauche	18,40[1])	—	1,07	—	—	—	—	—	—	—	—
Dünger der offenen Düngerstätte . . .	527,28[1])	116,00	292,11	227,8	29,5	12,6	22,2	64,3	467,65	292,73	174,92
Jauche	62,00[1])	—	0,62	—	—	—	—	—	—	—	—

Aus diesen Zahlen ist folgendes zu ersehen:

1. Das Gesamtgewicht des Düngers. Dieses war beim Tiefstalldünger und dem Dünger von der offenen Düngerstätte ziemlich gleich, nämlich bei ersterem 524,58 dz, bei letzterem 527,28 dz. Da der Dünger der offenen Düngerstätte reichliche Regenmengen bekommen hatte, war er feuchter, und so kann es nicht wundernehmen, daß sein Gewicht hoch war. Das Gewicht des Düngers der überdachten Düngerstätte war dagegen niedriger und betrug nur 483,84 dz.

[1]) Die Zahlen für das Düngergewicht sind für die beiden Flachstallversuche verdoppelt, da der Dünger im Wechsel auf die offene und überdachte Düngerstätte gebracht wurde, während der Tiefstall die ganze Düngermenge der gleichen Zahl Tiere enthielt.

2. Die Trockensubstanzmenge des Düngers. Diese war beim Dünger von der offenen Düngerstätte bei weitem am niedrigsten, bei dem aus dem Tiefstall und der überdachten Düngerstätte ziemlich gleich, nämlich:

Tiefstall	146,88 dz
Überdachte Düngerstätte	145,15 „
Offene Düngerstätte	116,00 „

Demnach waren bei der überdachten Düngerstätte die Trockensubstanzverluste weit geringer als die bei der offenen, was darauf zurückgeführt werden dürfte, daß es auf der überdachten Düngerstätte an der für die Verrottung des Düngers notwendigen Feuchtigkeit mangelte.

3. Die Stickstoffmengen. Es fanden sich im:

Tiefstalldünger		407,60 kg Stickstoff
Flachstall inkl. Jauche	überdachte Düngerstätte	295,24 „ „
	offene Düngerstätte	292,73 „ „

Im Tiefstalldünger fanden sich also sehr viel größere Stickstoffmengen wieder als in dem Flachstalldünger, sowohl bei seiner Aufbewahrung auf einer überdachten, wie auf einer offenen Düngerstätte. Zwischen offener und überdachter Düngerstätte waren keine erheblichen Unterschiede, nämlich 295,24 kg Stickstoff der überdachten und 292,73 kg der offenen Düngerstätte. Die Vorteile, welche sonst eine überdachte Düngerstätte bietet, waren durch das trockene Lagern des Düngers wieder aufgehoben worden. Die Stickstoffverluste berechnen sich für den Tiefstall, die überdachte und offene Düngerstätte wie folgt:

Tiefstalldünger.

Stickstoff im Futter	467,55 kg	
„ in der Einstreu	30,87 „	
Summa	498,42 kg	
Ab Stickstoff in der Lebendgewichtszunahme (1557 kg à 1,87 % Stickstoff)	29,12 „	
Zu erwarten im Stalldünger	469,30 kg	
Wiedergefunden im Stalldünger	407,60 „	
Stickstoffverlust	61,70 kg	= **13,2** % d. Gesamtstickstoffs.

Flachstalldünger.

a) Überdachte Düngerstätte.

Stickstoff im Futter	467,55 kg	
„ in der Einstreu	30,92 „	
Summa	498,47 kg	
Ab Stickstoff in der Lebendgewichtszunahme (1648 kg à 1,87 % Stickstoff)	30,82 „	
Zu erwarten im Stalldünger	467,65 kg	
Wiedergefunden im Stalldünger	295,24 „	
Stickstoffverlust	172,41 kg	= **36,9** % d. Gesamtstickstoffs.

b) Offene Düngerstätte.

Stickstoff im Futter	467,55 kg
„ in der Einstreu	30,92 „
Summa	498,47 kg
Ab Stickstoff in der Lebendgewichtszunahme (1648 kg à 1,87 % Stickstoff)	30,82 „
Zu erwarten im Stalldünger	467,65 kg
Wiedergefunden im Stalldünger . . .	292,73 „
Stickstoffverlust	174,92 kg = **37,4** % d. Gesamtstickstoffs.

Aus diesen Zahlen geht die Überlegenheit des Tiefstalles über den Flachstall deutlich hervor, denn der Stickstoffverlust im Tiefstall betrug nur 13,2 %, im Flachstall aber bei der offenen Düngerstätte 37,4 und bei der überdachten auch noch 36,9 %. Der Verlust im Tiefstall von 13,2 % ist ein so geringer, daß sich bei ihm die Anwendung von Konservierungsmitteln, welche bei diesen grundlegenden Versuchen nicht zur Anwendung kamen, kaum lohnen dürfte. Jene 61,7 kg Stickstoff des Stalldüngers sind in 136 Tagen von 11½ Stück Großvieh verloren gegangen; danach berechnet sich ein jährlicher Stickstoffverlust pro Stück Großvieh von 14,2 kg. Dies ist ja immerhin eine Menge, welche fast 2 Ztr. Chilesalpeter entspricht, aber in Anbetracht der im Stalldünger enthaltenen großen Mengen von Gesamtstickstoff, welche pro Stück Großvieh im Jahre 109,5 kg bei diesen Versuchen ausgemacht haben würden, ist dieser Verlust doch nicht übermäßig hoch zu nennen.

Weit größer waren die Verluste auf der überdachten und offenen Düngerstätte. Sie betrugen bei der überdachten Düngerstätte 36,9 %, bei der offenen 37,4 % des vorhandenen Gesamtstickstoffs. Dies bringt einen ganz anderen Verlust pro Jahr und Stück Großvieh, nämlich von 40,6 kg Stickstoff, entsprechend 5½ Ztr. Chilesalpeter pro Stück Großvieh und Jahr. Daß der Dünger der überdachten Düngerstätte ebenso große Verluste als der der offenen erlitten hatte, ist erstens darauf zurückzuführen, daß in beiden Fällen schon hohe Stickstoffverluste im Stall eingetreten waren und daß die Vorteile, welche sonst eine überdachte Düngerstätte bietet, durch die trockene Lagerung, bei welcher in besonders hohem Maße Ammoniakverluste eintreten, wieder aufgehoben wurden.

Die Aufbewahrung und Konservierung des Stalldüngers.

Wie wir im letzten Abschnitt gesehen, erleidet der Stalldünger beim Lagern außerordentlich große Stickstoffverluste, welche hervorgerufen werden:

1. durch Ammoniakverdunstung,
2. durch Salpeterzersetzung, wobei freier Stickstoff entweicht.

Gleichzeitig erfährt der Stalldünger beim Lagern eine qualitative Verschlechterung insofern, als die wertvollen löslichen Stickstoffverbindungen (Harnstoff, Ammoniak und Salpeter) durch die Tätigkeit von Pilzen und Bakterien in schwerlösliche Eiweißverbindungen übergeführt werden.

Lassen sich nun die großen Verluste, die je nach Aufbewahrung des Stalldüngers zwischen 15—40 kg Stickstoff = 2—5 Ztr. Salpeter pro Jahr und Stück Großvieh angenommen werden können, nicht beseitigen oder wenigstens einschränken? Wir wollen die einzelnen in Frage kommenden Methoden der Stalldüngerkonservierung prüfen:

1. Die Aufbewahrung des Stalldüngers ohne Zusatz von chemischen Konservierungsmitteln.

Die getrennte Aufbewahrung des direkt aus dem Stall abfließenden Harnes.

So gut wie vollständig lassen sich die Stickstoffverluste vermeiden durch eine getrennte Aufbewahrung des frisch aus dem Stall abfließenden Harnes. Die Methode der getrennten Aufbewahrung der tierischen Ausscheidungen ist zuerst von v. Soxhlet vorgeschlagen und zu jener Zeit auch von Krüger und dem Verfasser vom wissenschaftlichen Standpunkte als die richtigste erkannt worden. Auch die später von Immendorff auf Veranlassung der Deutschen Landwirtschaftsgesellschaft angestellten Konservierungsversuche haben gezeigt, daß mit dieser Methode der größte Effekt erzielt werden kann. Daß bei der getrennten Aufbewahrung des Harnes die Verluste so gut wie vollständig vermieden werden können, liegt daran, daß bei einer derartigen Aufbewahrung der Harn nicht der Luft ausgesetzt wird, wie dies bei der gemischten Aufbewahrung mit Kot und Stroh geschieht, und daß die schädlichen Organismen für ihr Zerstörungswerk nicht die nötige Kohlenstoffquelle, die ihnen bei der gemischten Aufbewahrung in Form von Kot und Stroh geboten wird, finden. Den allerhöchsten Erfolg von einer Stallmistdüngung, so zeigten Versuche von W. Krüger und dem Verfasser, hat man, wenn man den frisch aus dem Stall ablaufenden Harn für sich aufbewahrt, Kot und Stroh mit Wasser verrotten läßt und sodann zur Anwendung bringt. Bringt man frischen Kot und unverrottetes Stroh mit einem frischen oder gut konservierten Harn gleichzeitig zur Anwendung, so macht sich auch im Ackerboden zunächst noch die schädliche Wirkung der frischen organischen Substanzen auf die wertvollen löslichen Stickstoffverbindungen (Harnstoff, Ammoniak und Salpeter) bemerkbar. Man erntet mit Harn oder Salpeter allein stets mehr, als mit Harn oder Salpeter in Verbindung mit frischem Kot und Stroh. So betrugen die Mindererernten bei Feldversuchen, welche der Verfasser und W. Krüger in der Versuchswirtschaft Lauchstädt mit Senf ausführten:

	Mindererernten		
	Frische Substanz pro Hektar dz	Trockensubstanz pro Hektar dz	Stickstoff kg
Gegen Harn allein:			
Harn + Kuhkot + Weizenstroh	— 75,0	— 7,5	— 27,89
Gegen Salpeter allein:			
Salpeter + Stroh	— 68,5	— 5,9	— 25,91

Hieraus geht deutlich die Bedeutung der bei einer frischen Stallmistdüngung auftretenden Zersetzung bezw. Umsetzung des Salpeters oder Harnes hervor. Es

wurden, wie die Zahlen zeigen, auf den Stallmistparzellen (Harn + Kuhkot + Stroh) 75 dz frische Substanz, 7,5 dz Trockensubstanz und 27,89 kg Stickstoff weniger geerntet als auf den nur mit Harn gedüngten Parzellen. Diese Minderernten sind vorzugsweise darauf zurückzuführen, daß bei Gegenwart von frischem Kot und Stroh durch die Tätigkeit der niederen Organismen, welchen in dem frischen Kot und Stroh eine ausgiebige Nährstoffquelle (Kohlenstoffquelle) geboten wird, eine große Menge von löslichem Stickstoff in schwerlösliche Eiweißverbindungen übergeführt wird, mit anderen Worten löslicher Stickstoff der Pflanze entzogen wird und auch ein Teil des Salpeters zu freiem Stickstoff reduziert wird. Die mit frischem Kot und Stroh gedüngten Parzellen blieben sehr bald nach dem Aufgange hinter den anderen zurück und zeigten eine gelbe Farbe, während sich die übrigen durch eine dunkelgrüne Farbe auszeichneten. Verschiedene Landwirte, welche das Versuchsfeld besichtigten, meinten, daß ihnen diese Erscheinungen nicht fremd seien, sie hätten schon häufig bei Anwendung von strohigem Dünger eine derartig mangelhafte Entwicklung der Feldfrüchte beobachtet, allerdings als Ursache hierfür die durch die Stallmistdüngung herbeigeführte Lockerheit des Bodens angesehen. Die letztere ist nun, wie die Untersuchungen des Verfassers und W. Krügers zeigten, nicht die Ursache, sondern es ist die Ursache nur in den eben angeführten Vorgängen zu suchen. Eine ganz andere Wirkung zeigt nun ein verrottetes Kot-Stroh-Gemisch (siehe S. 105). Durch ein solches wird keine Ernteerniedrigung, sondern eine Ernteerhöhung hervorgerufen. Nach allen diesen Ausführungen würde die höchste Wirkung einer Stallmistdüngung erzielt werden durch Anwendung eines frischen bezw. eines gut konservierten Harnes in Verbindung mit einem verrotteten Kot-Stroh-Gemisch, welch letzteres den schädlichen niederen Organismen eine Nährstoffquelle nicht mehr bietet. Man kann in der Praxis häufig beobachten, daß ein alter verrotteter Stalldünger, welcher schon große Stickstoffverluste erlitten hat, eine bessere Wirkung zeigt, als ein frischer Stalldünger mit seinem noch vorhandenen frischen wertvollen Harn, was auf die oben besprochene Erscheinung zurückzuführen ist.

Auf allen diesen Beobachtungen und Feststellungen gründet sich nun die Methode der getrennten Aufbewahrung des direkt aus dem Stall abfließenden Harnes. Es ist nun nicht zu leugnen, daß diese Art der Konservierung große Schwierigkeiten mit sich bringt. Es gehören dazu außerordentlich große Jauchegruben und es muß der wertvolle Harn mit seinem hohen Stickstoffgehalt in seiner Verteilung dem Felde einverleibt werden, wenn man den richtigen Nutzen haben will. Es ist nun das Verdienst von Ch. Ortmann-Schependorf, die getrennte Aufbewahrung von Harn und Kot-Stroh im großen erprobt und eingeführt zu haben. Durch eine sinnreiche Vorrichtung wird der frische Harn alsbald nach der Absonderung von den festen Exkrementen getrennt, nach dem Sammelbehälter geleitet und von hier aus nach dem Vorratsbehälter gepumpt. Dadurch, daß der frische Harn von den mitgerissenen Kotteilchen schnell befreit wird und möglichst wenig mit der Luft in Berührung kommt, ist erreicht worden, daß der Stickstoffgehalt der Jauche auch nach monatelanger Aufbewahrung ein recht hoher ist.

Die Anwendung derartiger Jauche, welche den Stickstoff fast in seiner ganzen Menge als kohlensaures Ammoniak enthält, bietet nun aber gewisse Schwierigkeiten. Zunächst die gleichmäßige Verteilung der geringen, pro Hektar anzuwendenden Mengen. Diese Frage ist durch den von Ortmann konstruierten Jaucheverteiler befriedigend gelöst worden. Sodann die Unterbringung der Jauche. Bei trockenem Wetter kann, besonders auf leichten Böden, ein erheblicher Teil des leicht flüchtigen Stickstoffs rasch verdunsten, wenn die Jauche nicht sofort untergebracht wird. Eine oberflächliche Einbringung mit Egge und Krümmer dürfte hier keineswegs genügen, und Ortmann empfiehlt daher auch dringend, bei leichtem Boden die Jauche sofort nach dem Ausfahren unterzudreischaren und den Boden anzuwalzen. Für die Kopfdüngung der Wintersaaten, wo eine Unterbringung nicht möglich ist, ist ohne Zusatz eines Konservierungsmittels eine befriedigende Wirkung der Jauche nicht zu erwarten.

Über die Anwendung von Konservierungsmitteln zur Jauche als Kopfdüngung hat D. Meyer[1]) umfangreiche Untersuchungen angestellt, die zu folgendem Ergebnis geführt haben:

Ein Zusatz von Gips sowie von Superphosphat kommt nicht in Frage, da in beiden Fällen außerordentlich große Schlammassen in den Jauchegruben gebildet werden, welche nur mit gewissen Schwierigkeiten auf das Feld gebracht werden können. Ein wässeriger Auszug des Superphosphats wirkt zu gering, und ebenso wird die reine Phosphorsäure wegen ihres zu hohen Preises praktisch nicht in Frage kommen können. Soll der Stickstoff der Jauche durch Säure gebunden werden, so empfiehlt es sich, Schwefelsäure zu verwenden, und zwar dürfte es genügen, eine dem Gesamtstickstoffgehalte äquivalente Säuremenge zuzusetzen. Verdunstet die Jauche nach dem Aufbringen auf das Feld nicht völlig, so sind die Stickstoffverluste bei obigem Säurezusatz äußerst gering, und auch bei völligem Verdunsten der Jauche sind durchschnittlich nur 7—10 % Stickstoff verloren gegangen.

Solange sich die Jauche in geschlossenen Gruben befindet und entsprechend dem Ortmannschen Verfahren durch Bretter und Teeröl gegen Luftzutritt geschützt ist, wird ein nennenswerter Stickstoffverlust nicht zu befürchten sein. Auch bei sofortiger Bedeckung der aufgebrachten Jauche mit Boden wird man von einer Konservierung absehen können. Soll die Jauche dagegen für die Düngung der Wintersaaten im Frühjahr Verwendung finden, so ist ein Zusatz von Schwefelsäure entschieden zu empfehlen. Hierfür sprechen auch die von der Versuchsstation Halle ausgeführten Feldversuche. Es betrugen die Mehrernten pro Hektar auf einem Sandboden bei Kopfdüngung:

Durch 30 kg Stickstoff in Form von Jauche ohne Zusatz + 3,72 dz Roggenkörner
„ 30 „ „ „ „ „ „ mit „
von Schwefelsäure . . . . . + 5,78 „ „

Hieraus geht hervor, daß bei der Kopfdüngung die Jauche ohne Schwefelsäurezusatz große Verluste erlitten hatte. Um 1000 l Jauche mit 0,8 % Stick-

[1]) Illustrierte Landwirtschaftliche Zeitung 1913, Nr. 91.

stoff mit Schwefelsäure zu konservieren, sind $8 \times 3{,}5 = 28$ kg reine Schwefelsäure oder 45,8 kg rohe Schwefelsäure von 50° Baumé mit 62,5 % reiner Schwefelsäure notwendig. 100 kg dieser Säure kosten ab Fabrik 2,80 M. Es stellen sich die Konservierungskosten für 1000 l Jauche demnach auf 1,28 M. Zieht man in Betracht, daß der Stickstoff der nach dem Schependorfer Verfahren gewonnenen Jauche bei richtiger Anwendung dem schwefelsauren Ammoniak in der Wirkung kaum nachsteht, so betragen bei einem Stickstoffpreise von 1,40 M für 1 kg die Konservierungskosten rund 10 % des Stickstoffwertes. Ist die Jauche in derartigen Mengen vorhanden, daß sie zur Kopfdüngung der Wintersaaten verwandt werden soll, so wende man auch die verhältnismäßig geringen Kosten auf, den Stickstoff genügend zu binden. Auf Lehmboden wirkt die zu Wintergetreide vor der Bestellung im Herbst eingebrachte Jauche besser als die oberflächlich im Frühjahr angewandte. Beim Sandboden ist die Herbstanwendung wegen der großen Verluste über Winter nicht möglich.

Aus allen diesen Versuchen und Untersuchungen geht hervor, daß die frische bezw. für sich aufbewahrte gut erhaltene Jauche vor der Bestellung der Sommerfrüchte auf allen Böden ohne Zusatz von Konservierungsmitteln angewandt werden kann, wenn dieselbe gleich in den Boden gebracht wird, desgleichen ist die Anwendung dieser Jauche ohne Zusatz von Konservierungsmitteln möglich im Herbst bei Wintersaaten auf besserem Boden. Anders steht es aber mit der Kopfdüngung und zwar sowohl auf Sandböden als auch auf besseren Böden. Hier hat, um die stattfindenden Verluste zu vermeiden, ein Zusatz von Konservierungsmitteln, am besten mit Schwefelsäure, zu erfolgen. Ob sich die Methode der getrennten Aufbewahrung einmal in der Praxis einbürgern wird, muß die Zukunft lehren. Es ist ja nicht zu leugnen, daß dieselbe erhebliche Schwierigkeiten mit sich bringt. Eine allgemein praktische Bedeutung haben aber die ganzen Versuche insofern, als das, was hier über die Anwendung einer gut erhaltenen Jauche gesagt wurde, auch für andere Jauche gilt, welche ja immer in gewissen Mengen in allen Betrieben dem Landwirt zur Verfügung steht.

Der Tiefstall und die Düngerstätte.

Wir haben im letzten Abschnitt gesehen, daß die vollkommenste Konservierung des Stickstoffes dadurch erreicht wird, daß man den frisch vom Stall abfließenden Harn für sich aufbewahrt. Dies ist zu einem großen Teil darauf zurückzuführen, daß der Harn bei der isolierten Aufbewahrung am meisten von der Luft abgesperrt wird. Bei der üblichen gemischten Aufbewahrung wird man sich diesem Ideal um so mehr nähern, je feuchter und fester der Mischdünger aufbewahrt wird. Je mehr dies geschieht, um so weniger Zutritt hat die Luft, um so geringer sind die Stickstoffverluste, wie dies ja auch in der Praxis bekannt ist. In dieser Beziehung steht der Tiefstall obenan; hier erfährt der Dünger die beste mechanische Pflege, indem er gleich unter den Tieren liegen bleibt und festgetreten wird. Hierdurch wird die Ammoniak-

verflüchtigung wesentlich eingeschränkt und kann auch von einer Salpeterzersetzung kaum die Rede sein, da sich infolge des besseren Luftabschlusses, so wie er im Tiefstall vorhanden ist, so gut wie gar kein Salpeter bildet. Wir haben gesehen, daß der Tiefstalldünger eine weit bessere Zusammensetzung aufweist als der gewöhnliche Hofdünger. Es zeigte bei den aufgeführten Versuchen der Stalldünger bei gleichem Ausgangsmaterial folgende Zusammensetzung:

	Gesamt-Stickstoff %	Löslicher Stickstoff %	Von 100 Teilen Gesamt-Stickstoff sind löslich %
Tiefstalldünger	0,777	0,271	34,9
Hofdünger (offene Düngerstätte)	0,554	0,122	22,1

Dementsprechend zeigt auch, wie viele Versuche vom Verfasser und seinen Mitarbeitern beweisen, der Tiefstalldünger eine weit bessere Wirkung, vorausgesetzt, daß seine Anwendung in richtiger Weise erfolgt. Wenn man über einen Tiefstall nicht verfügt, so heißt es eine Düngerstätte anzulegen, welche sich möglichst den Verhältnissen des Tiefstalles nähert. Die beste Düngerstätte wäre ein richtiges Düngerhaus, dessen Dach nur so hoch zu sein hätte, daß ein beladener Düngerwagen ein- und ausfahren kann. Doch eine solche Einrichtung ist teuer. Wer sich eine Düngerstätte in dieser idealen Form nicht anlegen kann, der soll, damit der Dünger nicht oben hinausragt, seine Düngerstätte wenigstens mit einer Mauer umgeben. Wer sich eine Überdachung leisten kann, der soll sich eine solche anschaffen, da in der überdachten Düngerstätte der Dünger vor der Sonne geschützt wird und ein Abfließen der Jauche, besonders bei Mitverwendung von Torf, so gut wie ganz vermieden werden kann. Vorteile der überdachten Düngerstätte sind aber nur vorhanden, wenn in dieser der Dünger festgetreten und feucht gehalten wird. An trockenen Tagen ist ein Besprengen mit Wasser notwendig. Läßt man den Dünger in der überdachten Düngerstätte austrocknen, so kann die Überdachung mehr Nachteile, als Vorteile bringen. Die beste Lage der Düngerstätte ist die an der Nordseite des Stallgebäudes, und zwar so, daß die eine Längsseite der Düngerstätte von der Stallmauer gebildet wird, zu welcher zwei Quermauern gezogen werden. Hier lagert der Dünger nicht nur am besten, er kann auch schnell nach hier vom Stall gebracht und von den Tieren festgetreten werden. Wer sich hier eine Düngerstätte anlegen kann oder einen Stall baut, der soll diesen außerordentlich wichtigen Punkt ins Auge fassen.

Hervorgehoben mag noch werden, daß es sich empfiehlt, den im Stall abfließenden Harn mit Torf aufzufangen, wenn man nicht versteht, diesen für sich allein in richtiger Weise zu verwenden. In diesem Fall werden die Jaucherinnen mit Torf ausgefüllt, welche zweckmäßig etwas tiefer und breiter anzulegen und mit durchlöcherten Eisenplatten zu versehen sind. Der Torf ist jedesmal rechtzeitig, d. h. wenn er Harn nicht mehr aufzusaugen vermag, auf die Düngerstätte zu schaffen. In hervorragender Weise wirkt auch stickstofferhaltend humose Erde, deren Anwendung auf der Düngerstätte, soweit es die praktischen Verhältnisse zulassen, sich ebenfalls empfiehlt.

Verwendung von älterem, in Gärung begriffenem Stalldünger zur Konservierung des frischen.

Diese vom Verfasser und seinen Mitarbeitern ausprobierte Methode besteht darin, daß man beim Anlegen des Düngerhaufens den frischen Stalldünger nicht direkt auf die Sohle der Düngerstätte bringt, sondern erst dann, wenn man die Sohle mit einer Schicht eines älteren, tüchtig in Gärung begriffenen Stalldüngers bedeckt hat. Eine solche Schicht älteren Stalldüngers entwickelt sogleich große Mengen von Kohlensäure, welche bindend auf den Ammoniakstickstoff des Stalldüngers wirken bezw. die Dissoziation des kohlensauren Ammoniaks verhindern.[1]) Später hilft sich der zu konservierende Stalldünger dadurch von selbst, daß er in seinen älteren Schichten selbst Kohlensäure in reichlicher Menge entwickelt, welche dann stickstofferhaltend auf die oberen Schichten wirkt. Eine noch bessere Wirkung wird man dadurch erzielen, daß man später noch einmal den frischen Stalldünger mit einem älteren durchschichtet. Das konservierende Prinzip ist also die natürliche Kohlensäure, für deren lebhafte Entwicklung man hauptsächlich bei der Anlage eines Düngerhaufens in beschriebener Weise Sorge zu tragen hat.

Bei Lauchstädter Versuchen betrug der prozentuale Gehalt:

Stalldünger bei gewöhnlicher Behandlung . . .	0,708 %	Stickstoff
Stalldünger auf Unterlage von altem	0,890 „	„

Der Verlust an Stickstoff betrug:

Stalldünger bei gewöhnlicher Behandlung . . .	30,31 „
Stalldünger auf Unterlage einschließlich der Verluste der Unterlage	16,94 „

Das ist gewiß ein bedeutender Erfolg. Wenn nun auch in der Praxis nicht überall so peinlich verfahren werden kann, als bei den Lauchstädter Versuchen verfahren wurde, so ist doch sicher anzunehmen, daß auch dort mit jenem einfachen Verfahren gute Erfolge zu erzielen sind. Der Landwirt würde einfach so verfahren, daß er beim Ausfahren des Düngers, vielleicht aus der Mitte des Düngerhaufens, ein Quantum Dünger in einen besonderen Haufen beiseite wirft, mit welchem er dann vor dem Einbringen des frischen Düngers die Sohle der Düngerstätte in einer Höhe von etwa 20 cm bedeckt. Eine ordentliche ummauerte Düngerstätte mit wasserdichter Sohle, so wie die Düngerstätten alle sein sollten, ist Bedingung für einen durchschlagenden Erfolg. Ohne Anwendung von Torf ist diese Methode nur bei einer überdachten Düngerstätte möglich.

2. Die Aufbewahrung des Stalldüngers bei Zusatz von chemischen Konservierungsmitteln.

Die Anwendung von Säuren bezw. sauren Salzen in größeren Mengen.

Durch große Mengen von Säuren, speziell Schwefelsäure, gelingt es, die Stickstoffverluste vollständig zu beseitigen, aber nur dann, wenn soviel Schwefel-

[1]) Zu diesen Versuchen führte eine Mitteilung Dehérains.

säure dem Dünger zugesetzt wird, daß derselbe dauernd eine saure Reaktion behält. Hierzu ist nötig pro Tag und Stück Großvieh 1—1½ kg einer 50prozent. Schwefelsäure; kleine Mengen von Schwefelsäure bringen nicht den gewünschten Erfolg. Daß große Mengen von Säuren jene Wirkung zeigen, kann uns nicht wundern, da in einem sauren Medium die schädlichen Bakterien nicht gedeihen können und eventuell gebildetes Ammoniak durch Säuren gebunden wird. Eine Anwendung von so großen Mengen von Schwefelsäure, als zur vollständigen Konservierung des Stickstoffs notwendig sind, ist aber gefährlich und auch zu teuer, und außerdem konservieren wir durch die Schwefelsäure, wie unsere Versuche zeigten, nicht nur den Harn, sondern auch den Kot und das Stroh, und das letztere wollen wir nicht; Kot und Stroh sollen verrotten. Immendorff[1]) äußert sich auf Grund seiner mit Schwefelsäure angestellten Konservierungsversuche folgendermaßen: „Die Schwefelsäure ist in der landwirtschaftlichen Praxis eine schwierig zu handhabende Flüssigkeit, die unter Umständen mehr Schaden anzurichten imstande ist, als sie Nutzen schafft. Außerdem leistet sie die Bewahrungsarbeit keineswegs billig und liefert endlich einen sauren Mist, dessen Eigenschaften noch nicht hinlänglich bekannt sind." So ist denn der Praxis von der Anwendung großer Mengen von Säuren abzuraten.

Die Anwendung von Konservierungsmitteln des Handels.

Als solche kommen bezw. kamen in den Handel: Sulfarin, Utilit, Patent Dr. Rippert. Diese und ähnliche Konservierungsmittel enthalten alle gewisse Mengen von freien Säuren: Schwefelsäure, Phosphorsäure, Flußsäure bezw. saure Salze, und wirken dementsprechend, in großen Mengen angewandt, wie die Schwefelsäure. In kleinen Mengen, so wie solche von den Händlern empfohlen werden, üben sie gar keine oder nur eine unbedeutende Wirkung aus, wie z. B. ein in Lauchstädt ausgeführter Versuch zeigen möge:

	Verluste an Gesamtstickstoff %
Stalldünger nicht konserviert	31,15
„ konserviert mit Konservierungsmittel (Patent Dr. Rippert)	37,72

Die Nutzlosigkeit derartiger Konservierungsmittel ist auch von vielen anderen Versuchsanstellern, z. B. von Gerlach und Immendorff, wiederholt nachgewiesen worden.

Die Anwendung von anderen chemischen Mitteln.

Eine große Anzahl von Konservierungsversuchen mit Superphosphatgips und Kainit, in Mengen von 1½—2 kg auf 1000 kg Lebendgewicht der Tiere angewandt, sind von Pfeiffer ausgeführt und neuerdings von Immendorff wiederholt worden. Immendorff[1]) äußert sich über diese beiden Konservierungsmittel folgendermaßen: „Der Superphosphatgips in den gebräuchlichen Mengen verwendet, ist sehr unzuverlässig in seiner Wirkung. Jedenfalls genügen 2 kg

[1]) Mitteilungen der Deutschen Landwirtschafts-Gesellschaft 1903.

für 1000 kg Lebendgewicht der Tiere keineswegs, um bis zum Ende der Lagerung saure Reaktion des Mistes und damit eine ausreichende Erhaltung des Stickstoffvorrates desselben zu erzielen. Der Kainit ist auf Grund unserer Versuche als Stickstoffbewahrungsmittel wertlos. Er vermag ja den Stallmist bis zu einem gewissen Grade vor dem Verluste organischer Substanz zu bewahren, aber die Stickstoffverbindungen des Harnes werden durch ihn nicht vor dem Zerfall und Verlust geschützt." Bei allen Konservierungsversuchen sind erhebliche Wirkungen auch durch diese Konservierungsmittel nicht erzielt worden, so daß auch sie nunmehr nicht in Frage kommen dürften.

Neuerdings hat man vielfach auch wieder den verhältnismäßig billigen Gips zur Konservierung empfohlen. Durch große Mengen ($2^1/_2$ kg für das Stück Großvieh) gelingt es nach Lauchstädter Versuchen, gewisse Stickstoffmengen zu binden; trotzdem ist aber der Gips als Konservierungsmittel nicht zu empfehlen. Der mit Gips behandelte Dünger zeigt infolge von Reduktionsprozessen Eigenschaften, welche der ersten Entwicklung der Pflanzen schädlich sind.

Ätzkalk kann selbstverständlich als Konservierungsmittel nicht in Frage kommen, aber auch der kohlensaure Kalk nicht. Kohlensaurer Kalk befördert die Salpeterbildung, was wir aber gar nicht beim Lagern des Stalldüngers anstreben dürfen, denn der entstandene Salpeter wird ja während des Lagerns des Stalldüngers wieder zersetzt. Eine intensive Salpeterbildung tritt aber auch nur dann ein, wenn wir den Dünger nicht zu fest lagern. Würden wir nun aber in Rücksicht auf eine Salpeterbildung den Dünger locker lagern, so haben wir durch die dann auftretenden weit größeren Verluste vielmehr Nachteile geschaffen als Vorteile durch den kohlensauren Kalk. Bei früher von Maercker angeführten Versuchen hatte eine Erde gute Dienste getan, welche zufällig größere Mengen von kohlensaurem Kalk enthielt. Die Stickstoffbindung war aber auf die in größerer Menge angewendete Erde als solche zurückzuführen und nicht auf den in ihr enthaltenen Kalk. Reiner kohlensaurer Kalk hat sich bei unseren Versuchen nicht bewährt.

Auch mit anderen Konservierungsmitteln, wie Eisen- und Kupfervitriol, hat man durchschlagende Erfolge nicht erzielt.

Besonders hervorgehoben sei noch zum Schluß, daß eine Konservierung nur Zweck hat, wenn man es versteht, den so erhaltenen Stickstoff auch wirklich in den Acker hineinzubringen. Fährt man Stalldünger bei trockenem, heißem Wetter und läßt ihn auf dem Acker liegen, so geht nachträglich alles verloren, was man sich erhalten hat. Bringt man aber den Stalldünger in richtiger Weise in den Ackerboden, so wird der besser konservierte Stalldünger auch immer besser wirken, als der weniger gut behandelte, und nicht bloß als Humusbildner anzusehen sein.

Die Wirkung und Verwertung des Stalldüngers.

Die Wirkung des Stalldüngers besteht nicht nur in der Wirkung der in ihm enthaltenen Nährstoffe: Stickstoff, Phosphorsäure, Kali usw., sondern es äußert der Stalldünger noch zahlreiche Nebenwirkungen, hervorgerufen durch seine organische Substanz:

1. Bei der Zersetzung der organischen Substanz wird Wärme erzeugt, welche dem Boden und damit dem Wachstum der Pflanze zugute kommt.

2. Schwere bindige Böden werden durch ihn in erwünschter Weise gelockert, die wasserfassende Kraft der trockenen Sandböden gesteigert.

3. Zahlreiche bakteriologische Prozesse werden durch die organische Substanz im Boden hervorgerufen; frische organische Substanz bewirkt zunächst eine teilweise Festlegung der löslichen Stickstofformen (Salpeter, Ammoniak, Amide) bezw. eine Salpeterzersetzung, eine mehr oder weniger verrottete organische Substanz erhöht die durch niedere Organismen bewirkte Assimilation des freien atmosphärischen Stickstoffs (siehe S. 98—105).

4. Ein Teil der organischen Substanz bleibt als Humus zurück. Dieser bildet bekanntlich einen wichtigen mechanischen Bodenbestandteil und stellt eine auf lange Jahre langsam fließende Stickstoffquelle dar.

So haben wir den Stalldünger nicht nur vom Standpunkte der Ernährungsfrage zu betrachten.

Umfangreiche Feldversuche über die Wirkung und Verwertung des Stalldüngers sind angestellt von Maercker, dem Verfasser und seinen Mitarbeitern, von Gerlach, Hansen, B. Schulze u. a.

Aus allen diesen Versuchen geht zunächst hervor, **daß Höchsterträge an Wurzelfrüchten auf allen besseren und mittleren Böden nicht zu erzielen sind mit künstlichen Düngemitteln allein, sondern nur bei gleichzeitiger Anwendung von Stalldünger.** Mochten die Düngungen in Form künstlicher Düngemittel noch so hoch bemessen werden, es gelang auf diesen Bodenarten niemals, mit diesen allein so hohe Erträge zu erzielen, als bei gleichzeitiger Anwendung von Stalldünger. So wurden z. B. im Mittel mehrerer Jahre auf dem humosen Lößlehmboden der Versuchswirtschaft Lauchstädt folgende Erträge festgestellt:

Zuckerrüben.

	Doppelzentner auf 1 ha		
	Rüben	Zucker	Rübenkraut
Bei voller Mineraldüngung (5 dz Salpeter, 100 kg Phosphorsäure, 10 dz Kainit)	437,6	75,66	291,7
Bei voller Mineraldüngung (5 dz Salpeter, 100 kg Phosphorsäure, 10 dz Kainit) + Tiefstalldünger	533,6	88,11	366,6
Bei voller Mineraldüngung (5 dz Salpeter, 100 kg Phosphorsäure, 10 dz Kainit) + Hofdünger .	503,1	85,63	366,9
Durch Tiefstalldünger	+ 96,0	+ 12,45	+ 74,9
Durch Hofdünger	+ 65,5	+ 9,97	+ 75,2

Demnach wurden durch höchste Gaben von künstlichen Düngemitteln allein Höchsterträge nicht erzielt. Mit diesen waren mehr als 438 dz Zuckerrüben auf 1 ha (rund 220 Ztr. pro Morgen) nicht zu erreichen, während bei gleichzeitiger Verwendung von Stalldünger die Ernte auf 503 bezw. 534 dz auf 1 ha (252 bezw. 267 Ztr. pro Morgen) gebracht werden konnte. Daß durch eine weitere Steigerung der Salpetergabe die Erträge nicht weiter gesteigert werden konnten, zeigen folgende Versuche:

Es betrugen die Mehrernten:

Bei 2 dz Salpeter (ohne Stalldünger)	+ 53,7 dz	Zuckerrüben
„ 4 „ „ „ „	+ 77,9 „	„
„ 6 „ „ „ „	+ 78,2 „	„
Bei 2 dz Salpeter (neben Stalldünger)	+ 35,8 dz	Zuckerrüben
„ 4 „ „ „ „	+ 31,2 „	„

Es war also auf den nicht mit Stallmist gedüngten Parzellen ein Überschreiten einer Salpetergabe von 4 dz Salpeter auf 1 ha (2 Ztr. pro Morgen), auf den mit Stalldünger gedüngten ein Überschreiten einer Salpetergabe von 2 dz Salpeter auf 1 ha (1 Ztr. pro Morgen) ohne jeden Erfolg gewesen.

Kartoffeln.

Die gleiche Erscheinung tritt bei den Kartoffeln hervor. Es wurden im Mittel mehrerer Jahre geerntet:

	Doppelzentner auf 1 ha Knollen	Stärke
Bei voller Mineraldüngung (4 dz Salpeter, 100 kg Phosphorsäure, 6⅔ dz Kainit, bezw. 2 dz 40prozent. Kalisalz)	248,9	48,89
Bei voller Mineraldüngung (4 dz Salpeter, 100 kg Phosphorsäure, 6⅔ dz Kainit, bezw. 2 dz 40prozent. Kalisalz) + Tiefstalldünger	312,2	59,03
Bei voller Mineraldüngung (4 dz Salpeter, 100 kg Phosphorsäure, 6⅔ dz Kainit, bezw. 2 dz 40prozent. Kalisalz) + Hofdünger	305,8	59,40
Durch Tiefstalldünger	+ 63,3	+ 10,14
Durch Hofdünger	+ 56,9	+ 10,51

Mit künstlichen Düngemitteln allein konnten in Lauchstädt nicht mehr als 249 dz Kartoffeln auf 1 ha (125 Ztr. pro Morgen) geerntet werden, während bei gleichzeitiger Anwendung von Stalldünger die Erträge auf 306 bezw. 312 dz auf 1 ha (153 bezw. 156 Ztr. pro Morgen) stiegen.

Diese Erscheinung ist in jedem Jahr wiedergekehrt, mochte das Jahr normal, trocken oder naß sein.

Wie ist dies zu erklären? Man pflegt diese besondere Wirkung des Stalldüngers als mechanische Nebenwirkung zu bezeichnen. Der Stalldünger lockert und erwärmt bei seiner Zersetzung den Boden, Momente, durch welche die

Wurzelfrüchte in ihrem Wachstum sehr gefördert werden. So gefördert, entnehmen sie dann auch mehr Nährstoffe dem Boden und der Düngung.

Es betrugen die durch die Rüben aufgenommenen Stickstoffmengen:

	Stickstoff kg
Bei voller Mineraldüngung (5 dz Salpeter, 100 kg Phosphorsäure, 10 dz Kainit)	151,84
Bei voller Mineraldüngung (5 dz Salpeter, 100 kg Phosphorsäure, 10 dz Kainit) + Tiefstalldünger	217,19
Bei voller Mineraldüngung (5 dz Salpeter, 100 kg Phosphorsäure, 10 dz Kainit) + Hofdünger	196,67
Durch Tiefstalldünger	+ 65,35
Durch Hofdünger	+ 44,83

Trotz der außerordentlich hohen Salpetergaben war also die Stickstoffaufnahme durch die Stallmistdüngung noch ganz erheblich gesteigert worden, und so ist denn die sogenannte mechanische Nebenwirkung in letzter Instanz doch wieder auf eine erhöhte Nährstoffaufnahme der Pflanzen zurückzuführen. Möglich ist es auch, daß eine gewisse Ertragssteigerung bei den Wurzelfrüchten durch den Stalldünger dadurch erfolgt, daß der Stalldünger bei seiner Zersetzung im Boden große Mengen von Kohlensäure entwickelt, die zum Teil von diesen Früchten, welche mit ihren Blättern den Ackerboden bedecken, aufgenommen wird, während dies bei anderen Früchten, wie z. B. dem Getreide, wo Höchsterträge auch ohne Stalldünger zu erzielen sind, nicht oder nicht in dem Maße der Fall sein dürfte.

Die Tatsache, daß Höchsterträge von Wurzelfrüchten mit den höchsten Gaben von künstlichen Düngemitteln allein nicht zu erreichen sind, sondern nur bei gleichzeitiger Anwendung von Stalldünger, hat natürlich mit der Rentabilität der Viehhaltung direkt nichts zu tun. Es kann unter Umständen die Stallmistwirkung eine noch so gute sein, die Viehhaltung braucht in solchem Falle doch nicht rentabel zu sein. Auch sollen die in obigen Beispielen aufgeführten Mengen an künstlichen Düngemitteln nicht empfehlenswerte Mengen bedeuten, sondern nur die fragliche Erscheinung demonstrieren.

Die Leistung des Stalldüngers hängt, wenn von seiner Qualität, den verabfolgten Mengen, Bodenverhältnissen, Fruchtfolge usw. abgesehen wird, von der Beidüngung ab. Die höchste Leistung zeigt er naturgemäß, wenn er allein verabfolgt wird. In diesem Falle kommt neben seiner besonderen Nebenwirkung seine volle Nährstoffwirkung (Stickstoff-, Phosphorsäure-, Kaliwirkung usw.) in Frage. Die geringste Wirkung muß er auf der anderen Seite zeigen, wenn eine Beidüngung von sämtlichen Nährstoffen in Form künstlicher Düngemittel erfolgt, insbesondere, wenn dieselben hoch bemessen werden.

So wurden z. B. im Durchschnitt von 4 Jahren durch 200 dz eines besten Stalldüngers folgende Mehrernten in der Versuchswirtschaft Lauchstädt festgestellt:

Lößlehmboden.

Zuckerrüben mit der Nachfrucht Gerste.

	Wurzeln dz	Kraut dz	Körner dz	Stroh dz	Verwertung von 1 dz Stalldünger M
Stalldünger allein	+ 102,8	+ 116,1	+ 7,67	+ 12,40	2,09
Stalldünger neben Mineraldüngung ohne Stickstoff	+ 89,4	+ 102,1	+ 6,66	+ 12,48	1,84
Stalldünger neben Mineraldüngung ohne Phosphorsäure	+ 67,4	+ 110,3	+ 6,10	+ 12,65	1,59
Stalldünger neben Mineraldüngung ohne Kali	+ 29,5	+ 86,8	+ 8,69	+ 12,74	1,38
Stalldünger neben voller Mineraldüngung	+ 33,2	+ 136,0	+ 6,32	+ 12,14	1,33

Kartoffeln mit der Nachfrucht Weizen.

	Knollen dz	Körner dz	Stroh dz	Verwertung von 1 dz Stalldünger M
Stalldünger allein	+ 114,8	+ 9,89	+ 15,16	2,71
Stalldünger neben Mineraldüngung ohne Stickstoff	+ 65,3	+ 5,94	+ 12,41	1,61
Stalldünger neben Mineraldüngung ohne Phosphorsäure	+ 73,1	+ 3,58	+ 12,07	1,52
Stalldünger neben Mineraldüngung ohne Kali	+ 109,2	+ 8,84	+ 12,70	2,52
Stalldünger neben voller Mineraldüngung	+ 41,7	+ 1,77	+ 15,33	0,93

Es betrugen die Mehrernten da, wo der Stalldünger allein verabfolgt wurde, also da, wo seine ganzen Nährstoffe zur Wirkung kommen konnten, 103 dz Rüben und 115 dz Kartoffeln; da, wo neben ihm eine volle Mineraldüngung (Stickstoff, Phosphorsäure und Kali) gegeben wurde, nur 33 dz Rüben und 42 dz Kartoffeln. Da wo der eine oder andere Nährstoff in der Mineraldüngung fehlte, also wo der Stalldünger nur mit einem seiner Nährstoffe, entweder nur mit seinem Stickstoff oder nur mit seiner Phosphorsäure oder nur mit seinem Kali zur Wirkung kommen konnte, sind Mehrerträge erzielt worden, welche in der Mitte liegen. Diese naturgemäß verschiedene Wirkung macht sich, wie die Zahlen zeigen, auch noch auf die Nachfrüchte bemerkbar.

Weiter zeigen die Zahlen, daß die Nährstoffe des Stalldüngers bei den verschiedenen Früchten eine verschiedene Wirkung äußern. So tritt bei der Rübe mehr die Stickstoff- und Phosphorsäurewirkung als die Kaliwirkung, bei der Kartoffel umgekehrt mehr die Kaliwirkung als die Stickstoff- und Phosphorsäurewirkung hervor. Es wurden folgende Mehrerträge erzeugt:

	Zuckerrüben dz	Kartoffeln dz
Durch Stalldünger neben Phosphorsäure und Kali (Stickstoffwirkung)	+ 89,4	+ 65,3
Durch Stalldünger neben Stickstoff und Kali (Phosphorsäurewirkung)	+ 67,4	+ 73,1
Durch Stalldünger neben Stickstoff und Phosphorsäure (Kaliwirkung)	+ 29,5	+ 109,2

Bei den Rüben war demnach durchweg am besten die Stickstoffwirkung des Stalldüngers, dann folgt die Phosphorsäurewirkung des Stalldüngers und zum Schluß steht seine Kaliwirkung. Bei den Kartoffeln haben wir die umgekehrte Reihenfolge zu verzeichnen. Hier steht obenan die Kaliwirkung des Stalldüngers, dann folgt seine Phosphorsäurewirkung und zum Schluß steht seine Stickstoffwirkung.

Je nachdem also der Stalldünger allein oder neben dieser oder jener Mineraldüngung verabfolgt wird und dem entsprechend größere oder geringere Mehrerträge durch ihn erzeugt werden, gestaltet sich auch seine Verwertung sehr verschieden. Betrug die Verwertung von 1 dz Stalldünger da, wo er allein verabfolgt wurde bei der Zuckerrübe mit der Nachfrucht Gerste 2,09 M., bei der Kartoffel mit der Nachfrucht Weizen 2,71 M., so betrug die Verwertung bei gleichzeitiger voller Mineraldüngung (Stickstoff-, Phosphorsäure- und Kalidüngung) im ersteren Falle nur 1,33 M., im letzteren Falle nur 0,93 M.

Auf die Praxis lassen sich nun diese Zahlen nicht ohne weiteres übertragen. Wir müssen für diesen Zweck noch feststellen, welche Beidüngungen sich rentierten. Es wurden nun bei den obigen 4jährigen Versuchen folgende Erträge gewonnen:

	I. Tracht		II. Tracht	I. Tracht		II. Tracht
	Rüben dz	Zucker dz	Gerstenkörner dz	Kartoffeln dz	Stärke dz	Weizenkörner dz
200 dz Stalldünger allein	438,2	80,34	29,08	238,6	41,01	40,44
200 dz Stalldünger + Phosphorsäure + Kali	445,2	81,88	30,59	262,3	42,88	40,56
200 dz Stalldünger + Stickstoff + Kali	459,7	81,48	34,01	248,7	40,15	39,21
200 dz Stalldünger + Stickstoff + Phosphorsäure	480,9	85,64	36,40	249,8	42,18	41,21
200 dz Stalldünger + Stickstoff + Phosphorsäure + Kali	481,8	85,68	36,55	261,4	40,83	40,05

Bei der Rübe war also neben Stalldünger noch eine Stickstoff- und Phosphorsäuredüngung notwendig. Es kommt also für die Praxis die hohe Verwertung des Stalldüngers, welche bei seiner alleinigen Verabfolgung ohne künstliche Düngemittel erzielt wurde, (2,09 M pro Doppelzentner) nicht in Frage, sondern

die Verwertung des Stalldüngers neben Stickstoff und Phosphorsäure. Dieselbe betrug im vorliegenden Falle 1,38 M. pro Doppelzentner. Die Stickstoffgabe betrug bei den Versuchen 4 dz Salpeter pro Hektar = 2 Ztr. pro Morgen, die Phosphorsäure 6 dz Superphosphat pro Hektar = 3 Ztr. pro Morgen, Mengen, welche neben Stalldünger etwas zu hoch waren, so daß die Verwertung von 1 dz Stalldünger unter praktischen Verhältnissen noch etwas höher zu stehen kommt. Bei der Kartoffel hatte eine Beidüngung von künstlichen Düngemitteln keinen Erfolg gebracht. Es wurden bei alleiniger Verabfolgung von Stalldünger ebenso hohe Stärkemengen erzeugt, wie durch eine Beigabe von künstlichen Düngemitteln; die Phosphorsäuredüngung hatte zwar noch um ein wenig die Stärkeproduktion gesteigert, aber in so geringer Weise, daß dies nicht ins Gewicht fällt. Demnach hatte sich tatsächlich unter den für die Praxis in Frage kommenden Verhältnissen 1 dz Stalldünger zu Kartoffeln mit der Nachfrucht Weizen zu 2,71 M. verwertet.

Diese außerordentlich hohen Verwertungen des Stalldüngers, so wie sie wohl noch nie festgestellt wurden, sind zurückzuführen:

1. Auf die zur Anwendung gekommene zweckmäßige Menge des Stalldüngers von 200 dz pro Hektar (100 Ztr. pro Morgen). Bei Verwendung von 300 oder sogar 400 dz pro Hektar (150—200 Ztr. pro Morgen), Mengen wie sie in der Praxis vielfach zur Anwendung kommen, ist die Verwertung, wie die Zahlen weiter unten zeigen, eine sehr viel niedrigere, da so hohe Mengen von Stalldünger von den Früchten nicht ausgenutzt werden können.

2. Auf die vorzügliche Qualität des Stalldüngers (Tiefstalldünger).

3. Auf die zweckmäßige Anwendung. Der Stalldünger wurde nach dem Ausfahren auf das Feld sofort gebreitet und untergepflügt.

4. Auf den Boden, welcher für eine Stallmistdüngung besonders dankbar ist.

Daß die Verwertung des Stalldüngers erheblich sinkt, wenn die Verhältnisse für die Wirkung des Stalldüngers nach der einen oder anderen Richtung ungünstiger liegen, zeigen:

1. Parallelversuche der Versuchswirtschaft Lauchstädt mit einer höheren Stalldüngergabe von je 300 dz pro Hektar, gegeben in 4 Jahren zweimal. Fruchtfolge in beiden Fällen: Rüben (Stalldünger), Gerste, Kartoffeln (Stalldünger), Weizen.

2. Versuche der Versuchswirtschaft Dikopshof. Hier liegen zwar gleichgünstige Bodenverhältnisse vor, jedoch kam eine einmalige hohe Stalldüngergabe von 400 dz pro Hektar und noch eine von 200 dz zur Anwendung und zwar unter Einschaltung von Leguminosen in die Fruchtfolge. Fruchtfolge: Zuckerrüben (Stalldünger), Weizen, Roggen (Stalldünger), Klee, Hafer.

3. Versuche der Versuchsstation Breslau. Hier wurden die Versuche auf verschiedenen, meist weniger dankbaren Bodenarten, ausgeführt und zwar auch mit einer einmaligen hohen Stalldüngergabe von 400 dz pro Hektar. Fruchtfolge: Wechselnd (Stalldünger zu Kartoffeln).

4. Versuche der Versuchswirtschaft Groß-Lübars auf sehr leichtem, trockenem Sandboden. Fruchtfolge: Kartoffeln (Stalldünger), Roggen, Kartoffeln (Stalldünger), Roggen.

Die Verwertung des Stalldüngers gestaltete sich bei diesen Versuchen im Durchschnitt folgendermaßen:

	Ohne Mineraldüngung M.	Mineraldüngung ohne Stickstoff M.	Mineraldüngung ohne Phosphorsäure M.	Mineraldüngung ohne Kali M.	Volle Mineraldüngung M.
Versuchswirtschaft Lauchstädt, dankbarer Boden, günstige Fruchtfolge, in 4 Jahren 2mal niedrige Stalldüngergabe (200 dz bester Qualität) . . .	2,40	1,73	1,56	1,95	1,13
Versuchswirtschaft Lauchstädt, dankbarer Boden, günstige Fruchtfolge, in 4 Jahren 2mal hohe Stalldüngergabe (300 dz bester Qualität) . . .	1,74	1,33	1,16	1,33	0,73
Versuchswirtschaft Dikopshof, dankbarer Boden, Fruchtfolge mit Klee, in 5 Jahren 1mal sehr hohe Stalldüngergabe (400 dz) und 1mal niedrige (200 dz)	1,03	0,73	0,57	0,98	0,57
Versuchsstation Breslau, verschiedene meist weniger dankbare Böden, in 4 Jahren 1mal sehr hohe Stalldüngergabe (400 dz von meist geringerer Qualität)	1,05	0,80	0,69	0,86	0,64
Versuchswirtschaft Groß-Lübars trockener Sandboden, in 4 Jahren 2mal niedrige Stalldüngergabe (200 dz)	—[1])	0,70	1,02	0,88	0,68

Diese Zahlen zeigen:

1. Die verschiedenartige Verwertung des Stalldüngers. Die Verwertung ist durchweg am größten da, wo eine Beidüngung von Mineralstoffen nicht erfolgte, wo also der Stalldünger mit seinen ganzen Nährstoffen voll zur Wirkung kommen konnte; am niedrigsten, wo neben Stalldünger sämtliche Nährstoffe verabfolgt wurden. In der Mitte liegt die Verwertung da, wo der eine oder andere Nährstoff nicht verabfolgt wurde.

2. Wie die Verwertung abhängig ist von der Höhe der Stallmistdüngung, den Bodenverhältnissen und der Fruchtfolge. Es gibt tatsächlich Verhältnisse in der Praxis, wo 1 dz Stalldünger sich zu 2—3 M. (1 Ztr. zu 1—1,50 M.) verwertet. Dies ist der Fall bei Kartoffeln auf besserem Boden, wenn dieselben eine mäßige Gabe eines besten Stalldüngers ohne Beidüngung, die in diesem

[1]) Parzellen nicht angelegt.

Falle nicht notwendig ist, erhalten. Andererseits gibt es Verhältnisse, wo 1 dz Stalldünger sich nur zu 60—80 Pf. (1 Ztr. zu 30—40 Pf.) verwertet, und solche Verhältnisse herrschen wohl in der Praxis vor.

Die Ausnutzung der im Stalldünger enthaltenen Nährstoffe.

Diese bewegt sich naturgemäß auch in weiten Grenzen. Wie die durch den Stalldünger erzielten Mehrerträge, ist die Ausnutzung der im Stalldünger enthaltenen Nährstoffe abhängig von der Beschaffenheit des Stalldüngers, der Höhe der Stallmistdüngung, den Bodenverhältnissen und den angebauten Früchten, welch letztere die Nährstoffe des Stalldüngers in verschiedenem Maße ausnutzen.

Unter sehr günstigen Verhältnissen wurden z. B. nach Versuchen der Versuchswirtschaft Lauchstädt die in 200 dz Stalldünger enthaltenen Nährstoffe bei einer Fruchtfolge Zuckerrüben (200 dz Stalldünger), Gerste, Kartoffeln (200 dz Stalldünger), Weizen folgendermaßen ausgenutzt:

Zuckerrüben mit der Nachfrucht Gerste.

Gegeben 200 dz Stalldünger, darin:
0,685 % Stickstoff = 137,0 kg Stickstoff
0,424 „ Phosphorsäure = 84,8 „ Phosphorsäure
0,693 „ Kali . . = 138,6 „ Kali.

Stickstoffausnutzung.
Aufgenommen:
Zuckerrüben 43,22 kg Stickst.
Gerste . . 12,80 „ „
Summa 56,02 kg Stickst. = 40,9 %.

Phosphorsäureausnutzung.
Aufgenommen:
Zuckerrüben 31,75 kg Phosphorsäure
Gerste . . 3,79 „ „
Summa 35,54 kg Phosphorsäure = 41,9 %.

Kaliausnutzung.
Aufgenommen:
Zuckerrüben 53,00 kg Kali
Gerste . . 12,80 „ „
Summa 65,80 kg Kali = 47,5 %.

Kartoffeln mit der Nachfrucht Weizen.

Gegeben 200 dz Stalldünger, darin:
0,795 % Stickstoff = 159,0 kg Stickstoff
0,418 „ Phosphorsäure = 83,6 „ Phosphorsäure
0,670 „ Kali . . = 134,0 „ Kali.

Stickstoffausnutzung.
Aufgenommen:
Kartoffeln 40,97 kg Stickstoff
Weizen . 16,56 „ „
Summa 57,53 kg Stickstoff = 36,2 %.

Phosphorsäureausnutzung.
Aufgenommen:
Kartoffeln 15,64 kg Phosphorsäure
Weizen . 11,71 „ „
Summa 27,35 kg Phosphorsäure = 32,7 %.

Kaliausnutzung.
Aufgenommen:
Kartoffeln 81,00 kg Kali
Weizen . 23,81 „ „
Summa 104,81 kg Kali = 78,2 %

Die Rüben hatten demnach die Phosphorsäure des Stalldüngers ganz erheblich besser, den Stickstoff etwas besser ausgenutzt, als die Kartoffeln. Dagegen hatten die Kartoffeln dem Stalldünger erheblich mehr Kali entnommen, worauf die besonders günstige Stallmistwirkung bei Kartoffeln zum Teil zurückzuführen ist.

Im Vergleich hierzu wurden die Nährstoffe der künstlichen Düngemittel, Salpeter bezw. Ammoniak, Superphosphat und 40prozent. Kalisalz, folgendermaßen ausgenutzt:

Zuckerrüben und Gerste.

In den künstlichen Düngemitteln:
130 kg Stickstoff
150 „ Phosphorsäure
200 „ Kali.

Stickstoffausnutzung.
Aufgenommen:
Zuckerrüben 95,50 kg Stickstoff
Gerste . . 26,09 „ „
Summa 121,59 kg Stickstoff = 93,5 %.

Phosphorsäureausnutzung.
Aufgenommen:
Zuckerrüben 29,40 kg Phosphors.
Gerste . . 5,47 „ „
Summa 34,87 kg Phosphors. = 23,2 %.

Kaliausnutzung.
Aufgenommen:
Zuckerrüben 78,85 kg Kali
Gerste . . 18,59 „ „
Summa 97,44 kg Kali = 48,7 %.

Kartoffeln und Weizen.

In den künstlichen Düngemitteln:
120 kg Stickstoff
150 „ Phosphorsäure
200 „ Kali.

Stickstoffausnutzung.
Aufgenommen:
Kartoffeln 45,98 kg Stickstoff
Weizen . 46,27 „ „
Summa 92,25 kg Stickstoff = 76,9 %.

Phosphorsäureausnutzung.
Aufgenommen:
Kartoffeln 11,18 kg Phosphors.
Weizen . 10,71 „ „
Summa 21,89 kg Phosphors. = 14,6 %.

Kaliausnutzung.
Aufgenommen:
Kartoffeln 65,27 kg Kali
Weizen . 40,09 „ „
Summa 105,36 kg Kali = 52,7 %.

Stellen wir die in beiden Fällen aufgenommenen Nährstoffmengen zusammen, so erhalten wir folgendes Bild:

Zuckerrüben mit der Nachfrucht Gerste, aufgenommene Nährstoffmengen:

	Stickstoff		Phosphorsäure		Kali	
	kg	%	kg	%	kg	%
Stalldünger . .	**56,02**	**40,9**	**35,54**	**41,9**	**65,80**	**47,5**
Mineraldüngung .	**121,59**	**93,5**	**34,87**	**23,2**	**97,44**	**48,7**

Kartoffeln mit der Nachfrucht Weizen, aufgenommene Nährstoffmengen:

	Stickstoff		Phosphorsäure		Kali	
	kg	%	kg	%	kg	%
Stalldünger . . .	**57,53**	**36,2**	**27,35**	**32,7**	**104,81**	**78,2**
Mineraldüngung .	**92,25**	**76,9**	**21,89**	**14,6**	**105,36**	**52,7**

Demnach wurde der Stickstoff des Stalldüngers unter diesen für die Stallmistdüngung sehr günstig liegenden Verhältnissen ungefähr zur Hälfte als der Stickstoff der Mineraldüngung, die Phosphorsäure des Stalldüngers dagegen besser als die Phosphorsäure der Mineraldüngung, das Kali des Stalldüngers von der Kartoffel relativ besser, von der Zuckerrübe im Verhältnis zu den verabfolgten Mengen gleich ausgenutzt. Auffällig ist, daß die Phosphorsäure des Stalldüngers besser ausgenutzt wurde, als die Superphosphatphosphorsäure auf

den nicht mit Stallmist gedüngten Parzellen. Dies kann nur darauf zurückgeführt werden, daß die bei der Zersetzung des Stalldüngers sich entwickelnde große Menge Kohlensäure lösend auf die Phosphorsäure des Stalldüngers wirkt, eine Erscheinung, auf die schon wiederholt hingewiesen ist. Man hat wiederholt beobachtet, daß die Phosphorsäure schwerer löslicher Phosphate bei Gegenwart von Stalldünger eine bessere Wirkung zeigen.

Unter Verhältnissen, welche für die Wirkung einer Stallmistdüngung ungünstiger liegen, werden die Nährstoffe des Stalldüngers in geringerem Maße ausgenutzt. Dies zeigen z. B. folgende Durchschnittszahlen:

	Stickstoff-ausnutzung %	Phosphorsäure-ausnutzung %	Kali-ausnutzung %
Versuche der Versuchswirtschaft Lauchstädt. Gegeben 2mal 200 dz Stalldünger (bester), sehr günstige Verhältnisse	38,6	37,3	62,9
Versuchsstation Breslau. Gegeben 1mal 400 dz Stalldünger (minderwertiger) ungünstigere Verhältnisse	22,2	28,7	47,6

Sämtliche Nährstoffe wurden also im zweiten Falle, wo die Verhältnisse ungünstiger waren, entsprechend schlechter ausgenutzt.

Man kann annehmen, daß unter den meist in der Praxis obwaltenden Verhältnissen der Stickstoff und die Phosphorsäure des Stalldüngers ungefähr zu 25% ausgenutzt werden, das Kali zu 50%.

Man pflegt öfters eine Geldwertberechnung für den Stalldünger auf Grund der Nährstoffpreise unserer künstlichen Düngemittel anzustellen. Hierbei könnte man für die Phosphorsäure und das Kali die Preise einsetzen, welche diese beiden Nährstoffe im Superphosphat bezw. Thomasmehl und den Staßfurter Kalisalzen aufweisen, da die Wirkung dieser beiden Nährstoffe, wie die Ausführungen im letzten Abschnitt beweisen, im Stalldünger ungefähr die gleiche ist, wie die der Nährstoffe in jenen künstlichen Düngemitteln. Anders steht es aber mit dem Stickstoff. Der Stickstoff des Stalldüngers zeigt allerhöchstens den halben Wirkungswert des Salpeters bezw. Ammoniaks. Setzt man nur die Hälfte des Stickstoffpreises dieser Düngemittel ein und Phosphorsäure und Kali mit dem ganzen Preise, so fällt der so für den Stalldünger berechnete Geldwert viel zu niedrig aus, was uns in Anbetracht der Nebenwirkung des Stalldüngers nicht wundern kann. Ungefähr das richtige würde man treffen, wenn man den vollen Stickstoffpreis des Salpeters bezw. Ammoniaks einsetzt. Es würde in diesem vollen Preise neben der Stickstoffwirkung des Stalldüngers seine Nebenwirkung ungefähr zum Ausdruck kommen.

Gewöhnlicher Stalldünger:

				Stickstoff halber Preis dz M	Stickstoff ganzer Preis dz M
Stickstoff . . .	0,50 %	à Kilogramm	1,40 M	0,35	0,70
Phosphorsäure .	0,20 „	„ „	0,32 „	0,06	0,06
Kali	0,60 „	„ „	0,10 „	0,06	0,06
			Summa	0,47 M	0,82 M

Bester Stalldünger:

				Stickstoff halber Preis dz M	Stickstoff ganzer Preis dz M
Stickstoff . . .	0,70 %	à Kilogramm	1,40 M	0,49	0,98
Phosphorsäure .	0,40 „	„ „	0,32 „	0,13	0,13
Kali	0,70 „	„ „	0,10 „	0,07	0,07
			Summa	0,69 M	1,18 M

Es zeigen also diese Zahlen, daß beim Einsetzen des halben Stickstoffpreises die Berechnung für den Geldwert des Stalldüngers viel zu niedrig ausfällt, dagegen beim Einsetzen des vollen Stickstoffpreises Zahlen gewonnen werden, welche der bei den Versuchen erzielten Verwertung ungefähr gleich komme. Hiermit soll jedoch diese Art der Berechnung nicht ohne weiteres empfohlen werden.

Die Anwendung des Stalldüngers.

1. Die Höhe der Stallmistdüngung. Wie aus dem vorigen Abschnitt hervorgeht, verwertet sich der Stalldünger um so besser, um so geringer die Stalldüngergabe bemessen wird. So verwerten sich 200 dz Stalldünger erheblich besser als 300 dz oder sogar 400 dz. Ja es kommt vor, daß mit 200 dz Stalldünger ebenso hohe oder nahe so hohe Erträge erzielt werden, als mit 300 dz. So wurden z. B. bei den Lauchstädter Versuchen ohne jede Beidüngung von Mineralstoffen folgende Erträge festgestellt:

	Zuckerrüben		
	Wurzeln pro ha dz	Zucker %	Zucker pro ha dz
Ungedüngt	335,4	18,15	60,74
200 dz Stalldünger (bester) .	438,2	18,39	80,34
300 „ „ „ . .	461,1	17,98	82,82
Durch 200 dz Stalldünger	+ 102,8	+ 0,24	+ 19,60
„ 300 „ „	+ 125,7	— 0,17	+ 22,08

	Kartoffeln		
	Knollen pro ha dz	Stärke %	Stärke pro ha dz
Ungedüngt	123,8	17,13	21,19
200 dz Stalldünger (bester) .	238,6	17,08	41,01
300 „ „ „ . .	241,7	16,73	40,71
Durch 200 dz Stalldünger	+ 114,8	— 0,05	+ 19,82
„ 300 „ „	+ 117,9	— 0,40	+ 19,52

Demnach waren mit 300 dz Stalldünger noch etwas mehr Rüben und auch noch etwas mehr Zucker produziert als mit 200 dz, jedoch waren die weiteren 100 dz nur sehr mangelhaft ausgenutzt worden; es waren durch 200 dz Stalldünger rund 20 dz Zucker erzeugt, durch die weiteren 100 dz nur 2,5 dz. Bei den Kartoffeln hatten 300 dz Stalldünger überhaupt nicht mehr wie 200 dz geleistet, es war demnach der über 200 dz hinausgegebene Stalldünger gar nicht verwertet worden. Es empfiehlt sich daher, die Stalldüngergaben wesentlich über 200 dz pro Hektar (100 Ztr. pro Morgen) nicht zu steigern. Soweit es die praktischen Verhältnisse gestatten, sollte man diesem Umstande Rechnung tragen und den zur Verfügung stehenden Stalldünger in entsprechender Weise auf die Feldfrüchte verteilen. Auch bei Verwendung von schlechtem Stalldünger hat es keinen Zweck, zu hohe Gaben zu verabreichen; man ersetzt dann die noch fehlenden Nährstoffe billiger durch künstliche Düngemittel.

2. Das Aufbringen und Unterpflügen des Stalldüngers. Um auch auf dem Felde Stickstoffverluste zu vermeiden, breite man den auf das Feld gefahrenen Stalldünger sofort aus und pflüge ihn, wenn es die Boden- und die wirtschaftlichen Verhältnisse gestatten, möglichst sofort unter. Läßt man den Stalldünger bei trockenem Wetter auf dem Felde liegen, so erleidet er hier außerordentlich große Stickstoffverluste, so daß der beste Stalldünger nachträglich noch zu einem schlechten werden kann. Ein Liegenlassen in kleinen Haufen ist zu verwerfen; dagegen kann gegen das Anlegen größerer Düngerhaufen am Rande des Feldes nichts gesagt werden, wenn es die wirtschaftlichen Verhältnisse erfordern. Man bedecke aber den Stalldünger dann stark mit Erde.

Soll der Stalldünger tief oder flach untergepflügt werden? Das tiefere Unterpflügen des Stalldüngers kommt nur in Frage bei der Rübe, wo man bisher meistens den Stalldünger auf 12—14 Zoll untergepflügt hat. Ist dies richtig, oder soll man ihn flacher, etwa nur auf 5—6 Zoll unterpflügen und den Untergrund mit dem Untergrundpflug lockern? Pflügt man den Stalldünger flach unter, so wird sich die organische Substanz entschieden schneller zersetzen, schneller übergeführt werden in Pflanzennahrung als bei einem tieferen Unterpflügen. Auf der anderen Seite liegen aber beim flacheren Einpflügen die Verhältnisse für die Rübe ungünstiger, auch dann, wenn die weitere Ackerschicht mit dem Untergrundpflug gelockert wird: 1. findet die Rübe beim flachen Unterbringen des Stalldüngers in den unteren Schichten nicht so reichliche Mengen von Nährstoffen und 2. wirkt eine mit organischer Masse durchsetzte Schicht

mechanisch immer noch besser als eine nur gelockerte. Bei Versuchen, welche nach dieser Richtung vom Verfasser in der Versuchswirtschaft Lauchstädt angestellt wurden, hatte das flache Einpflügen des Stalldüngers Vorteile nicht gebracht. Es wurde bei diesen Versuchen so verfahren, daß einerseits der Stalldünger auf 12 Zoll untergepflügt wurde, andererseits nur auf 6 Zoll, wobei der Boden auf 12 Zoll mit dem Untergrundpfluge gelockert wurde. Die Stalldüngergabe wurde auf 300 dz auf 1 ha (150 Ztr. pro Morgen) bemessen. Eine weitere Stickstoffgabe in Form von Salpeter oder Ammoniak fand, um die Unterschiede in der Wirkung des Stalldüngers mehr hervortreten zu lassen, nicht statt. Dagegen wurde eine angemessene Phosphorsäuregabe in Form von Superphosphat und auch eine Kaligabe verabreicht.

Es wurden geerntet:

	Zuckerrüben dz auf 1 ha
300 dz Stalldünger auf 12 Zoll untergepflügt	447,5
300 „ „ „ 6 „ „ (auf 12 Zoll mit Untergrundpflug gelockert)	446,6
Ohne Stalldünger auf 12 Zoll gepflügt	416,5
„ „ „ 6 „ „ (auf 12 Zoll mit Untergrundpflug gelockert)	413,4

Das flache Unterbringen des Stalldüngers hatte demnach keine Vorteile gebracht.

2. Die menschlichen Ausscheidungen.

Die Menge und die Zusammensetzung der menschlichen Ausscheidungen sind abhängig von der Ernährung und von dem Alter, daher großen Schwankungen unterworfen. Nach Angaben von Stutzer[1]) werden durchschnittlich (einschließlich Kinder) pro Kopf und Jahr folgende Mengen ausgeschieden:

	Ausscheidungen		
	feste kg	flüssige kg	zusammen kg
Gesamtmenge	48,50	483,00	531,50
Feste Bestandteile	11,10	19,70	30,80
Organische Bestandteile	9,20	14,50	23,70
Stickstoff	**0,62**	**3,50**	**4,12**
Mineralstoffe	1,50	5,30	6,80
Phosphorsäure	0,55	0,69	1,24
Kali	0,18	0,84	1,02

Wie bei den tierischen Ausscheidungen ist auch bei den menschlichen der Stickstoff des Harns der wertvollste Bestandteil.

[1]) Stutzer, Düngerlehre. Leipzig, Verlag Hugo Voigt.

Die menschlichen Ausscheidungen werden entweder in zementierten Senkgruben oder in transportablen Tonnen oder in sogenannten Torfstühlen aufgefangen oder mittelst Wasserspülung in Kanalisationsrohre geleitet, welche die Spüllatrine auf benachbarte Felder und Wiesen zwecks Berieselung führen oder nach vorhergegangener Klärung in die Flußläufe.

M. Hoffmann[1]) gibt folgende durchschnittliche Zusammenstellung für die menschlichen Ausscheidungen an:

	Stickstoff (N) %	Phosphorsäure (P_2O_5) %	Kali (K_2O) %	Kalk (CaO) %	Organische Substanz %
1. Gewöhnl. Abtrittsdünger aus Gruben . . .	0,36	0,16	0,15	0,10	5,00
2. Abtrittsdünger aus Torfstühlen	0,70	0,38	0,40	0,50	14,50
3. Abtrittsdünger aus Tonnen ohne Wasserspülung	0,65	0,27	0,29	0,18	5,50
4. Spüllatrine	0,05	0,02	0,03	0,10	5,00
5. Menschlicher Kot	1,00	1,09	0,25	0,62	20,00
6. „ Harn (frisch)	0,60	0,17	0,20	0,01	3,00

Die für die Landwirtschaft empfehlenswerteste Sammelmethode ist entschieden das Torfstuhlverfahren. Hierbei wird der Boden des Auffangbehälters mit Torfstreu oder Torfmull bestreut und nach jedem Gebrauch eine Hand voll Torf auf die Exkremente geworfen. M. Hoffmann rechnet auf Jahr und Person ca. 1 Ztr. Torfmull im Werte von 1,50 M. Geruchlosigkeit, Abtötung von Krankheitserregern, Verringerung der Stickstoffverluste, bequemer Transport und bequemes Ausstreuen sind die Vorteile dieses Verfahrens. Die Torffäkalien sind daher ein guter Ersatz für den Stalldünger. Die Zusammensetzung der Latrine ist natürlich außerordentlich verschieden. Hoffmann empfiehlt je nach Konzentration und Art der Frucht 20—60 cbm pro Hektar anzuwenden. Wichtig ist eine ordentliche Verteilung auf dem Felde und, um nach Möglichkeit Stickstoffverluste zu vermeiden, ein sofortiges Unterbringen. Die verschiedenen Feldfrüchte verhalten sich gegen die Fäkalien verschieden. Dankbar für die Latrinendüngung sind Rüben, Grünfutter, Mais, Gemüse, Wiesen, Weiden, Obstbäume. Überdüngungen sind überall zu vermeiden, besonders bei Pflanzen, die gegen Chlorsalze empfindlich sind, welch letztere die menschlichen Ausscheidungen in weit größerer Menge enthalten als die tierischen. Es sind deshalb die menschlichen Ausscheidungen als Dünger für den Tabak nicht zu empfehlen.

3. Der Kompostdünger.

Zur Bereitung von Kompostdünger sind zu verwenden: Alle tierischen Abfälle, wie Fleisch, Blut, Eingeweide, die sonst nicht verwendet werden können,

[1]) Hoffmann, Flugschrift der Deutschen Landwirtschafts-Gesellschaft, Heft 7.

verdorbene Nahrungsmittel, Knochen, Haare, Federn usw.; alle pflanzlichen Abfälle, wie verdorbene Futtermittel, Kraut, Laub; des weiteren Kehricht, Asche, Ruß, Schlamm usw. Besonders wertvoll wird der Komposthünger durch Einverleibung von Jauche und menschlichen Auswurfstoffen. Unkrautsamen dürfen nicht mit auf den Komposthaufen gebracht werden. Als Unterlage ist eine starke Schicht von guter Erde zu wählen, auf welche die Abfälle abwechselnd mit Erde durchschichtet werden. Bei Verwendung von kalkärmerer Erde ist ein kleinerer Zusatz von Kalk notwendig. Nachdem der Haufen eine Höhe von ca. 1 m erreicht hat, bedecke man ihn zum Schluß mit einer stärkeren Erdschicht. Der Komposthaufen ist an einem schattigen Platze anzulegen und feucht, aber nicht zu feucht, zu halten, damit die bakteriologischen Umsetzungen in der erwünschten Weise vor sich gehen können. Nach Verlauf von 2—3 Monaten wird der Haufen umgestochen und diese Umarbeitung von Zeit zu Zeit wiederholt. Eine mehrjährige Lagerzeit ist meist notwendig für die erwünschten Umsetzungen. Man legt zweckmäßig mehrere Haufen, mindestens 2—3 an, damit einer immer Verwendung finden kann. Je nach dem verwendeten Material ist der Komposthünger mehr oder weniger wertvoll. Zahlen über die chemische Zusammensetzung des Komposthüngers lassen sich bei der so verschiedenen Zubereitung des Kompostes nicht bringen. Sein wertvollster Bestandteil ist der Stickstoff. Der Komposthünger eignet sich am besten für Wiesen, Weiden, Gemüsefelder und Gärten.

4. Die Gründüngung.

Unter Gründüngung versteht man das Einackern von grünen Pflanzen zwecks Bereicherung des Bodens mit organischer Substanz und Stickstoff. Die Gründüngung ist daher ein sehr guter Ersatz für den Stallhünger. Ein wesentlicher Unterschied zwischen der Gründüngung und dem Stallhünger besteht aber darin, daß durch die Gründüngung dem Boden neue Mineralstoffe, speziell Phosphorsäure und Kali, nicht zugeführt werden, während dies bei dem Stallhünger in hohem Maße geschieht. Es ist daher die Phosphorsäure- und Kalidüngung neben der Gründüngung von ganz anderer Bedeutung als bei der Stallmistdüngung. Als Gründüngungspflanzen kommen ausschließlich in Betracht die Leguminosen und von diesen hauptsächlich: Lupinen, Erbsen, Bohnen, Wicken, Lathyrus, Serradella und gewisse Kleearten, speziell Gelbklee, Schwedenklee und Weißklee. Über die durch diese Pflanzen gesammelten Stickstoffmengen finden sich die nötigen Angaben im ersten Kapitel S. 56.

Die Gründüngung hat für den Sandboden eine größere Bedeutung als für den besseren Boden.

Die hauptsächlichsten Gründe hierfür sind die folgenden:

1. Es ist die Stickstoffbindung durch die Gründüngungspflanzen auf dem stickstoffarmen Sandboden im allgemeinen eine größere als auf dem stickstoffreicheren besseren Boden. Die Leguminosen entnehmen um so mehr Stickstoff der Atmosphäre, um so weniger assimilierbaren Stickstoff sie im Boden vorfinden, um so weniger Stickstoff der Atmosphäre, um so mehr assimilierbaren

Stickstoff ihnen im Boden geboten wird. Im letzteren Falle decken sie ihren Stickstoffbedarf in höherem Maße aus dem Bodenkapital.

2. Der leichte Sandboden hat eine Anreicherung mit organischer Substanz, so wie eine solche in reichlichem Maße bei gut geratener Gründüngung stattfindet, mehr notwendig als der humusreichere bessere Boden.

3. Es verlassen im allgemeinen auf dem leichten Boden die Vorfrüchte früher das Feld als auf dem besseren Boden, so daß den Gründüngungspflanzen auf dem leichten Boden eine längere und günstigere Zeit für ihr Wachstum zur Verfügung steht als auf dem besseren Boden.

Das sind die hauptsächlichsten Gründe dafür, daß die Gründüngung auf dem leichten Boden eine größere Bedeutung hat als auf dem besseren Boden.

Andererseits lassen sich aber auch Punkte zugunsten der Gründüngung auf besserem Boden anführen:

1. Die Gründüngungspflanzen sind bezüglich ihrer Wasserversorgung auf dem besseren Boden öfters besser gestellt als auf dem leichten Boden. Der Wasserbedarf der Gründüngungspflanzen, von dem ihr Gedeihen in erster Linie abhängig ist, ist ein außerordentlich hoher.

Wie hoch derselbe ist, mögen einige Untersuchungen über den Feuchtigkeitsgehalt des Bodens zeigen, welche in Lauchstädt[1]) im Anschluß an die dortigen Gründüngungsversuche ausgeführt wurden. Es betrug z. B. der durchschnittliche Feuchtigkeitsgehalt des Bodens auf den betreffenden Parzellen:

	Liegen gelassene Stoppel	Umgebrochene Stoppel	Gründüngung (Erbsen und Bohnen)	Gründüngung (Gelbklee)
		1905.		
22. Juli bis 3. August .	—	15,15	14,97	—
9. August bis 8. September	—	14,43	10,76	—
		1906.		
15. August	14,84	14,43	13,28	14,39
30. „	13,67	13,52	10,62	12,20
6. September	11,86	14,56	8,90	10,00
14. „	9,38	11,58	6,72	6,74

Wir sehen also aus diesen Zahlen, welche hohen Ansprüche die Gründüngungspflanzen an den Wasservorrat des Bodens stellen. Es sank im Jahre 1906, wo der August und der erste Teil des September sehr trocken waren, der Wassergehalt des Bodens auf den Gründüngungsparzellen bis auf 6,72 bezw. 6,74 %, während die umgebrochene Stoppel zu dieser Zeit noch einen Wassergehalt von 11,58 % aufwies. Ein Anbau von Gründüngungspflanzen in Sandgegenden, wo es in jenen Monaten an ausreichenden Niederschlagsmengen fehlt, ist ebenso falsch als ein Anbau von Gründüngungspflanzen in Gegenden mit besserem Boden, wo die erforderlichen Niederschlagsmengen fehlen. Ein besserer Boden

[1]) Berichte der Versuchswirtschaft Lauchstädt.

mit reichlichen Niederschlagsmengen zu jener Zeit wird eine Gründüngung mehr lohnen als ein Sandboden mit unzureichenden Niederschlagsmengen. Deshalb müssen wir in erster Linie, mag es sich um Sandböden oder bessere Böden handeln, den Anbau der Gründüngung abhängig machen von den Niederschlagsmengen, welche in den betreffenden Gegenden zu der Zeit wo die Gründüngungspflanzen für uns arbeiten sollen (Juli bis September), erfahrungsgemäß fallen.

2. Die Gründüngung zeigt auf dem besseren Boden eine nachhaltigere Wirkung als auf dem Sandboden. In den gut durchlüfteten, tätigen Sandböden zersetzt sich die Gründüngungsmasse schneller, wird der in ihr enthaltene Stickstoff schneller in Lösung gebracht als auf dem schweren Boden. Das ist von Vorteil, wenn der gebildete lösliche Stickstoff der nachfolgenden Frucht zugute kommt. Es ist dies jedoch durchaus nicht immer der Fall, da im milden Herbst und Frühjahr ein großer Teil von diesem Stickstoff auf dem Sandboden durch Auswaschen des gebildeten Salpeters verloren geht. Auf dem besseren Boden findet eine mehr allmähliche Lösung des Gründüngungsstickstoffes statt; es zeigt deshalb hier die Gründüngung im ersten Jahre häufig eine weniger intensive Wirkung, dagegen eine bessere Nachwirkung als auf dem Sandboden.

Soweit die allgemeinen Betrachtungen.

Sehen wir nun zu, welche Erfahrungen man mit der Gründüngung auf den Sandböden und den besseren Böden gemacht hat.

1. Die Gründüngung auf Sandböden.

a) Die Form und Wirkung der Gründüngung.

Auf dem Sandboden kommt bekanntlich die Gründüngung in Frage als Hauptfrucht, als Stoppelsaat und als Untersaat. Die erstere Form der Gründüngung kann nur für einen ganz armen Boden mit billiger Pacht in Frage kommen, da man unter anderen Verhältnissen eine ganze Ernte nicht missen kann. Als Stoppelsaat kommen hauptsächlich in Frage die Lupinen, dann aber auch Gemische von Erbsen, Peluschken und Pferdebohnen, welche nach Roggen, Wintergerste oder früh reifender Sommergerste auszusäen sind. Als Aussaatmenge genügen 200—240 kg pro Hektar (1—1,2 Ztr. pro Morgen). Lupinen werden hier und da auch vorteilhaft im Gemisch mit Erbsen, Peluschken und Pferdebohnen ausgesät. v. Koziczkowsky[1]) empfiehlt die Aussaat mit Töpferschen Druckrollen vorzunehmen, wodurch ein vorzüglicher Aufgang erzielt werden soll. Als Untersaat kommt vorzugsweise in Frage die Serradella (30 kg pro Hektar), dann aber auch gewisse Kleearten, wie Gelbklee und Weißklee, Schwedenklee (10 kg pro Hektar). Der Klee ist möglichst zeitig auszusäen, während die Serradella, um eine zu üppige Entwicklung zu vermeiden, nicht vor Ende April ausgesät werden soll.

In welch hohem Maße die Erträge auf den Sandböden durch die Gründüngung gehoben werden können, das hat Schultz-Lupitz in glänzender Weise

[1]) Jahrbuch der Deutschen Landwirtschafts-Gesellschaft 1906, Band 21.

durch seine bahnbrechenden Arbeiten bewiesen. Um uns ein Bild von den durch die Gründüngung zu erzielenden Mehrerträgen zu machen, mögen zunächst die von Baeßler[1]) ausgeführten Versuche angeführt werden. Bei diesen in der Provinz Pommern ausgeführten Versuchen betrugen die Mehrerträge:

	Mehrerträge pro ha Körner dz	Stroh dz
1. Humoser, schwach lehmiger Sandboden (Roggen), im Mittel von sechs verschiedenen Gründüngungen, gelbe, blaue, weiße Lupinen, Serradella, Pferdebohnen und Leguminosengemenge	+ 6,4	+ 10,2
2. Humoser lehmiger Sandboden (Roggen), gelbe Lupinen	+ 14,7	+ 26,1
3. Leichter Sandboden (Kartoffeln)	+ 26,0 dz Knollen.	

Zu diesen zum Teil sehr hohen Mehrerträgen kommt noch die Nachwirkung der Gründüngung, die um so höher war, je geringer die Ausnutzung des Gründüngungsstickstoffs im ersten Jahre war. Dies zeigen folgende Zahlen:

	Mehrerträge pro ha Körner dz	Stroh dz
Versuch 1.		
1. Jahr Nachfrucht (Roggen)	+ 6,4	+ 10,2
2. „ „ „	+ 5,2	+ 8,1
3. „ „ „	+ 4,7	+ 9,3
Versuch 2.		
1. Jahr Nachfrucht (Roggen)	+ 14,7	+ 26,1
2. „ „ „	+ 3,2	+ 7,9

Bei dem zweiten Versuch, wo die Wirkung der Gründüngung im ersten Jahr eine außerordentlich hohe war, war die Nachwirkung eine schwächere als bei dem ersten Versuch, wo die Wirkung der Gründüngung im ersten Jahre eine geringere war.

Welch hohe Wirkungen durch die Gründüngung auf Sandböden erzielt werden, zeigen auch die Versuche, welche der Verfasser in der Versuchswirtschaft Groß-Lübars anstellte. Es sind dort durch die Gründüngung folgende Mehrerträge erzielt worden:[2])

---

[1]) Jahresbericht der Versuchsstation Köslin 1906.

[2]) Wirkungen der Gründüngung von 1909 und 1912. 1910 war die Gründüngung im allgemeinen auch gut geraten, es mißriet aber 1911 infolge abnormer Trockenheit die Nachfrucht (Kartoffeln). Ein Mißraten der Gründüngung fand während der 4 Jahre nur 1911 statt, wo Stoppelsaaten infolge der Trockenheit auch gar nicht ausgesät wurden.

	1910			1913	
	In der Gründüngung Stickstoff kg pro ha	Mehrerträge an Kartoffeln dz pro ha	Nachwirkung (1911) Roggenkörner dz pro ha	In der Gründüngung Stickstoff kg pro ha	Mehrerträge an Kartoffeln dz pro ha
Erbsen, Bohnen .	90	+ 31,5	+ 1,71	63	+ 36,0
Blaue Lupinen .	55	+ 34,0	+ 1,71	nicht angebaut	
Serradella . . .	100	+ 54,9	+ 1,69	?	+ 63,7
Gelbklee, Weißklee, Schwedenklee .	108	+ 69,8	+ 1,97	163	+ 89,2
Gelbe Lupinen . .	120	+ 79,6	+ 2,00	112	+ 43,7

Diese Zahlen zeigen die außerordentlich hohe Wirkung der Gründüngung. Im Jahre 1910 bewegten sich die durch die Gründüngung erzielten Mehrerträge an Kartoffeln zwischen 31,5 und 79,6 dz, im Jahre 1913 zwischen 36,0 und 89,2 dz. Am besten haben abgeschnitten die Kleearten, die gelben Lupinen und die Serradella. Durch die Nachwirkung wurden noch rund 2 dz Körner mehr geerntet.

Das sind Beispiele, die zeigen sollen, wie hohe Mehrerträge durch die Gründüngung auf Sandböden erzielt werden können.

b) Die Art und Zeit der Unterbringung der Gründüngung.

Ist die Gründüngung flach oder tiefer unterzubringen? Auch hierüber stellte Baeßler eine größere Anzahl von Versuchen an und zwar in der Weise, daß einerseits die Gründüngungsmasse auf 20—25 cm, andererseits auf 10—15 cm untergebracht wurde. Es fielen diese Versuche zugunsten des flachen Unterbringens aus. So wurde z. B. auf lehmigem Sandboden durch das flache Unterbringen im Herbst mehr geerntet als durch das tiefere Unterbringen im Herbst:

	Körner dz	Stroh dz
Erste Nachfrucht (Roggen)	+ 2,9	+ 5,4
Zweite „ „	+ 1,0	+ 3,5

Man wird demnach gut tun, die Gründüngung nicht tiefer als 15—20 cm unterzubringen.

Soll die Gründüngung auf Sandböden im Herbst oder Frühjahr untergepflügt werden? Ein großer Fehler ist es, auf leichten Sandböden die Gründüngung schon im zeitigen Herbst unterzupflügen, da bei eintretender milder Witterung auf diesen tätigen Böden die Gründüngung sich sehr schnell zersetzt, wodurch große Stickstoffverluste entstehen. Man soll deshalb auf den Sandböden erst im Spätherbst, Winter oder zeitigem Frühjahr die Gründüngung unterbringen.

c) Die Beidüngung zur Gründüngung.

Sollen sich die Gründüngungspflanzen freudig entwickeln, so gebrauchen sie dazu auf den leichteren Böden eine Düngung von Kali und Phosphorsäure, unter Umständen — dies betrifft speziell die Kleearten — auch eine Kalkdüngung. Auf diesen Bedarf der Gründüngungspflanzen ist bei der Düngung der Vor- bezw. Deckfrüchte Rücksicht zu nehmen.

Was die Beidüngung zur untergepflügten Gründüngung betrifft, so ist unter allen Umständen Phosphorsäure und Kali zu geben, wenn eine ordentliche Ausnutzung des Gründüngungsstickstoffs durch die Nachfrüchte stattfinden soll. Ob noch eine Beigabe von Stickstoff stattzufinden hat und in welcher Höhe dieselbe zu bemessen ist, ist abhängig zu machen von dem Stande der Gründüngung, der Art der Nachfrüchte und der Ertragsfähigkeit der Böden.

Neben gut geratener Gründüngung ist eine Beidüngung von Stickstoff nicht notwendig.[1]) Es zeigen dies Versuche, welche in der Versuchswirtschaft Groß-Lübars angestellt wurden:

	In der Gründüngung Stickstoff kg pro ha	Kartoffeln dz pro ha Ohne Stickstoff	2 dz Salpeter
Erbsen, Bohnen	90	199,4	233,8
Blaue Lupinen	55	201,9	236,4
Serradella	100	222,8	240,9
Gelbklee, Weißklee und Schwedenklee	108	237,7	238,1
Gelbe Lupinen	120	247,5	241,5

Eine Beidüngung von Stickstoff hatte sich demnach bei den weniger gut geratenen Gründüngungen Erbsen, Bohnen und blauen Lupinen als notwendig erwiesen. Auch bei der Serradella war noch ein kleiner Erfolg vorhanden, während neben den sehr gut geratenen Kleearten und den gelben Lupinen eine Beidüngung von Salpeter die Ernten nicht weiter zu steigern vermochte. Neben bester Gründüngung wird daher im allgemeinen eine weitere Stickstoffgabe nicht notwendig sein, während neben weniger gut geratener Gaben von 1—2 dz Salpeter pro Hektar am Platze sind.

d) Die Ausnutzung des Gründüngungsstickstoffs.

Diese gestaltet sich je nach den verschiedenen Verhältnissen außerordentlich verschieden. So wurden z. B. bei den Baeßlerschen Versuchen von 100 Teilen Gründüngungsstickstoff zurückgewonnen:

---

[1]) Ausnahme bei Rüben, welche für reine Sandböden nicht in Frage kommen.

	Gründüngung flach	Gründüngung tief	
Humoser lehmiger Sandboden[1]), Summa 4 Nachfrüchte	22,79	12,39	Teile
„ „ „ [2]), „ 2 „	34,03	22,85	„
Leichter Sandboden[3]), Summa 2 Nachfrüchte	40,04	31,86	„

Demnach wurden bei diesen Versuchen im Mittel durch die Ernten zurückgewonnen beim flachen Unterbringen **32,29**, beim tieferen Unterbringen **22,37** % Stickstoff. Die Nebenwirkung der Gründüngung veranschlagt Baeßler auf ein Drittel der Gesamtwirkung.

Bei dem vom Verfasser auf dem leichten Sandboden der Versuchswirtschaft Groß-Lübars angestellten Versuchen betrug die durchschnittliche Stickstoffausnutzung von 5 verschiedenen Gründüngungen (Erbsen-Bohnen, Serradella, Gelb-, Weiß-, Schwedenklee, blaue Lupinen, gelbe Lupinen) **25,6** %.

2. Die Gründüngung auf besseren Böden.

a) Die Form und Wirkung der Gründüngung.

Der Gründüngung auf besserem Boden ist man erst seit etwa 15 Jahren näher getreten. Trotz dieser kurzen Zeit hat sie bereits an vielen Orten Eingang gefunden, wozu besonders die steigenden Stickstoffpreise beitrugen. Die Gründüngungsfrage auf besserem Boden ist eine nicht so leicht zu beantwortende Frage, hauptsächlich deshalb nicht so leicht zu beantworten, als der Gründüngung auf den besseren Bodenarten durch die verschiedenen Bodenbearbeitungen eine Konkurrenz erwächst, die auf dem Sandboden nicht vorhanden ist. Zur Prüfung dieser wichtigen Fragen ist es unbedingt notwendig, eine oder mehrere Gründüngungsfruchtfolgen anzulegen, die dauernd mit einer Fruchtfolge verglichen werden, in der nur Mineralstoffe zur Verabreichung kommen. Nur so ist es möglich, über den wahren Wert der Gründüngung auf besserem Boden Aufschluß zu erhalten. Daß für die verschiedenen Verhältnisse auf besserem Boden auch verschiedene Gründüngungspflanzen und verschiedene Nachfrüchte in Frage kommen, ist selbstverständlich.

Als Gründüngungspflanzen kommen für den besseren Boden hauptsächlich in Betracht: Als Stoppeleinsaat ein Gemisch von Pferdebohnen, Erbsen und Wicken oder auch nur von Pferdebohnen und Erbsen oder von Pferdebohnen und Wicken. Als zweckmäßige Aussaatmenge können angesehen werden 200—240 kg auf 1 ha (100—120 Pfd. auf 1 Morgen), bestehend zur Hälfte aus Pferdebohnen, zur Hälfte aus Erbsen und Wicken. Als Vorfrüchte kommen in Frage: Roggen, Wintergerste, frühreifende Sommergerstensorten und

[1]) Mittel von blauen, weißen Lupinen, Serradella, Pferdebohnen, Leguminosengemenge.

[2]) Gelbe Lupinen.

[3]) Lupinengemenge.

Frühkartoffeln, wenn auf letztere Rüben folgen sollen. Je früher die Aussaat geschehen kann, um so besser. Weist der Boden mal in einem Jahre eine große Trockenheit auf, so säe man das Gemisch gar nicht aus, da das Mißraten dieser teuren Gründüngung, welches man in solchem Falle zu befürchten hat, mit großem Verlust verbunden ist.

Als Untersaat in das Getreide gewisse Kleearten, speziell Gelbklee (Medicago lupulina); Aussaatmenge 20 kg auf 1 ha (10 Pfd. pro Morgen), Schwedenklee und Weißklee, Aussaatmenge 10 kg auf 1 ha (5 Pfd. pro Morgen). Als Deckfrucht können alle Getreidearten in Frage kommen, auch Winterweizen. Die Unterbringung kann auf verschiedenem Wege geschehen. Es kann der Klee, soweit es sich um Sommergetreide handelt, gleich mit diesem zusammen in die Reihen ausgesät werden oder später nach Aufgang des Getreides breitwürfig oder quer mit der Maschine.

In der Versuchswirtschaft Lauchstädt wurden im Durchschnitt mehrerer Jahre folgende Mehrerträge durch die Gründüngung festgestellt:

Zuckerrüben, Nachfrucht Getreide:

	In der Gründüngung Stickstoff	Mehrerträge pro ha				
		Rüben	Zucker	Zucker	Kraut	Nachwirkung Hafer, Sommerweizen oder Gerste
	kg pro ha	dz	dz	%	dz	dz
Vorfrucht Gerste:						
Erbsen, Bohnen, Wicken	88[1])	+ 39,1	+ 0,08	+ 7,05	+ 38,1	+ 2,70
Gelbklee	115[1])	+ 26,2	+ 0,13	+ 5,32	+ 38,9	+ 3,09
Vorfrucht Weizen:						
Gelbklee	108	+ 67,3	— 0,50	+ 11,06	+ 94,7	+ 0,02
Schwedenklee	95	+ 56,8	— 0,35	+ 9,68	+ 85,0	+ 1,35

Das sind erhebliche Mehrerträge. Daß bei den ersten Versuchen der Gelbklee nicht besonders gut abgeschnitten hatte, lag daran, daß derselbe in einem Jahre vollständig mißriet, so daß auf der umgebrochenen Stoppel mehr geerntet wurde, als auf der mit Gelbklee bestellten Parzelle. Nach Weizen hatte die Gründüngung erheblich mehr geleistet als nach Gerste. Dies liegt daran, daß der Weizen den Boden erheblich mehr ausgenutzt hatte, als die Gerste, so daß die Gründüngung hier mehr zeigen konnte, was sie zu leisten vermochte. Es waren, wie die Zahlen zeigen, hier durch den Schwedenklee 56,8 dz Zuckerrüben mit 85 dz Kraut, durch den Gelbklee 67,3 dz Zuckerrüben mit 94,7 dz Kraut erzeugt. Der prozentische Zuckergehalt der Rüben war bei den ersten Versuchen

[1]) Erbsen, Bohnen, Wicken Stickstoffgehalt im Durchschnitt von 3 Jahren, Gelbklee von 2 Jahren, da letzterer in einem Jahr vollständig mißriet, Ernten sämtlich Durchschnitt von 3 Jahren.

durch die Gründüngung nicht herabgedrückt worden, während bei den letzteren Versuchen eine Depression stattfand. Im Durchschnitt der ganzen Versuche betrug aber die durch die Gründüngung hervorgerufene prozentische Zuckerdepression nur 0,16 %, während durch höhere Stallmistdüngungen prozentische Zuckerdepressionen bis 0,6 % und darüber hervorgerufen wurden. Will man seitens der Zuckerfabriken die Gründüngung beanstanden, so müßte man erst recht die Stallmistdüngung verbieten, woran man heute bei unseren hochgezüchteten sehr widerstandsfähigen Zuckerrüben gar nicht mehr denkt. Was anderes ist es, wenn neben der Gründüngung eine reichliche Stallmistdüngung verabfolgt wird. In diesem Falle ist natürlich eine erhöhte Depression zu befürchten und eine Beanstandung der Düngung eher am Platze. Es wird aber einem vernünftigen Landwirt gar nicht einfallen, neben einer gut geratenen Gründüngung eine Stallmistdüngung in uneingeschränktem Maße zu geben, das verbietet ihm schon sein eigenes Interesse.

Kartoffeln, Nachfrucht Getreide:

	In der Gründüngung Stickstoff	Mehrerträge pro ha			
		Kartoffeln	Stärke	Stärke	Nachwirkung Hafer bezw. Sommerweizen
	kg pro ha	dz	%	dz	dz
Vorfrucht Gerste:					
Gelbklee	134	+ 37,5	— 0,27	+ 5,58	+ 1,18
Bohnen, Erbsen, Wicken . . .	96	+ 24,7	+ 0,10	+ 4,13	+ 1,09
Vorfrucht Weizen:					
Gelbklee	?	+ 39,9	± 0,0	+ 7,59	nicht
Bohnen, Erbsen, Bohnen . .	75	+ 35,5	+ 0,2	+ 7,13	festgestellt.

Demnach hatte die Gründüngung auch bei den Kartoffeln eine gute Wirkung gezeigt. Obenan stand in seiner Wirkung der Gelbklee, welcher rund 40 dz Kartoffeln erzeugte.

Hafer:

	In der Gründüngung Stickstoff	Mehrerträge pro ha		
		Körner	Stroh	Nachwirkung
	kg pro ha	dz	dz	
Vorfrucht Gerste:				
Gelbklee	145	+ 12,31	+ 26,62	nicht
Bohnen, Erbsen, Wicken	86	+ 6,03	+ 10,51	festgestellt

Demnach hatte die Gründüngung, speziell die von Gelbklee, auch beim Hafer eine vorzügliche Wirkung gezeigt. Es wurden durch diese Gründüngung

12,31 dz Körner mit 26,62 dz Stroh erzeugt. Im Durchschnitt der obigen Gründüngung betrugen die Mehrernten während jener Versuchsjahre:

+ 47,4 dz Zuckerrüben, + 34,4 „ Kartoffeln, + 9,2 „ Körner + 18,6 dz Stroh,	durch Nachwirkung 1,6 dz Körner.

Es hat sich also auch auf dem besseren Boden die Gründüngung gut rentiert, besonders die Kleeeinsaaten, welche ja weit billiger sind als die Stoppelsaaten. Die letzteren sollen aber durchaus, nicht von der Hand gewiesen werden. Man darf nur nicht riskieren eine Stoppelsaat, wie Erbsen, Bohnen, Wicken auszusäen, wenn der Boden vollkommen ausgetrocknet ist, so daß die Gefahr vorhanden ist, daß die Saat gar nicht aufgeht. Eine besondere Bedeutung hat die Gründüngung in viehlosen bezw. viehschwachen Wirtschaften. Hier wäre es ein großer Fehler, auf dem besseren Boden ohne Gründüngung zu wirtschaften.

Als Nachfrüchte auf die Gründüngung empfehlen sich für den besseren Boden die Zuckerrüben, die Futterrüben, bei welch letzteren in Lauchstädt nach früheren Versuchen eine Mehrernte von + 85,75 dz erzeugt wurde, eventuell auch die Kartoffeln und von den Halmfrüchten der Hafer, welcher von allen Halmfrüchten am besten die Gründüngung auszunutzen vermag.

Als Gründüngungspflanze ganz zu verwerfen ist der Senf. Durch ihn erntet man meistens nicht mehr, sondern weniger als ohne jede Gründüngung. Es wurden z. B. in Lauchstädt geerntet:

	Kartoffeln dz auf 1 ha	Stärke dz auf 1 ha
Gründüngung (Erbsen, Bohnen, Wicken)	274,0	53,70
Ohne Gründüngung (gleich nach der Ernte Stoppel umgebrochen)	250,4	48,08
Gründüngung (Senf)	226,0	43,40
Durch Gründüngung (Erbsen, Bohnen, Wicken)	+ 23,6	+ 5,62
„ „ (Senf)	— 24,4	— 4,68

Es wurden also durch die Gründüngung in Form von Erbsen, Bohnen und Wicken 23,6 dz Kartoffeln mit 5,62 dz Stärke auf 1 ha mehr, dagegen durch die Gründüngung in Form von Senf 24,4 dz Kartoffeln mit 4,68 dz Stärke weniger geerntet als da, wo der Acker nur gedreischart war. Daß nach der in Form von Senf angebauten Gründüngung die Erträge niedriger lagen, als auf den nur gedreischarten Parzellen, lag daran, daß in dem unbestellten Lande die günstigen bakteriologischen Vorgänge weit mehr von statten gingen als in dem mit Senf bestellten Boden, welch letzterer als Nichtleguminose ja nur dadurch günstig wirken kann, daß er das Auswaschen von gebildetem Salpeter verhindert. Ein gleich ungünstiges Ergebnis für die Gründüngung in Form von Senf hat u. a. auch Koch, Göttingen, festgestellt, so daß es wohl die höchste Zeit ist, daß die Gründüngung in dieser Form von der Bildfläche verschwindet.

b) Die Art und Zeit der Unterbringung der Gründüngung.

Ist die Gründüngung flach oder tiefer unterzubringen? Empfiehlt sich schon für die meisten leichteren Böden ein mehr flaches als tieferes Unterbringen, so ist dies noch mehr der Fall für die schwereren Bodenarten. Baeßler erhielt folgende Zahlen:

Schwerer Lehmboden (Hafer):

	Mehrerträge Körner dz	Stroh dz
Durch Gründüngung, im Herbst flach untergebracht . . .	+ 11,0	+ 8,1
„ „ „ „ tiefer „ . . .	+ 7,4	+ 6,8
Durch flaches Unterbringen	+ 3,6	+ 1,3

Demnach wurden durch das flache Unterbringen der Gründüngung rund $3^1/_2$ dz Haferkörner pro Hektar mehr geerntet als durch das tiefere Unterbringen.

Soll die Gründüngung im Herbst oder Frühjahr untergepflügt werden? Baeßler erhielt im Mittel zweier auf schwereren Bodenarten ausgeführten Versuchen folgendes Ergebnis:

Schwerere Böden (Hafer):

	Mehrerträge Körner dz	Stroh dz
Gründüngung (Wickengemenge), im Herbst untergepflügt .	+ 9,94	+ 7,75
„ „ „ Frühjahr „ .	+ 9,31	+ 7,64
Durch Unterpflügen im Herbst	+ 0,63	+ 0,11

In Lauchstädt führten derartige vergleichende Versuche zu folgendem Ergebnis:

Lößlehmboden (Zuckerrüben):

	Wurzeln dz auf 1 ha	Zucker %	Zucker dz auf 1 ha
Gründüngung (Erbsen, Bohnen und Wicken), im Herbst untergepflügt	447,26	17,3	77,38
Gründüngung (Erbsen, Bohnen und Wicken), im Frühjahr untergepflügt	426,35	17,4	74,19
Durch Herbstfurche	+ 20,91	— 0,1	+ 3,10

Lößlehmboden (Futterrüben).

	Wurzeln dz auf 1 ha
Gründüngung (Erbsen, Bohnen und Wicken), im Herbst untergepflügt	1032,50
„ „ „ „ „ „ Frühjahr „	974,20
Durch Herbstfurche	+ 58,30

In dem Falle, wo die Gründüngung im Herbst untergepflügt worden war, wurden also 20,91 dz Zuckerrüben und 58,30 dz Futterrüben mehr geerntet als

in dem Fall, wo erst ein Unterpflügen der Gründüngung im Frühjahr erfolgte. Hiernach ist wohl auf besserem Boden ein Unterpflügen im Herbst einem Unterpflügen im Frühjahr vorzuziehen. Man wird also, soweit dies wirtschaftlich möglich ist, die Gründüngung vor Eintreten des Frostes unterzupflügen haben. Hat die Gründüngung in ihrer Entwicklung früher abgeschlossen, so kann man sie auch schon im zeitigen Herbst unterpflügen, da man auf dem besseren Boden infolge der hier stattfindenden langsamen Zersetzung der Gründüngungsmasse nennenswerte Verluste nicht zu befürchten hat. Ganz anders liegt die Sache auf dem Sandboden, wo das Unterpflügen zweckmäßig auf einen möglichst späten Termin im Herbst oder auf das Frühjahr zu verschieben ist.

c) Die Beidüngung zur Gründüngung.

Auch auf dem besseren Boden ist eine Beidüngung von Phosphorsäure zur untergepflügten Gründüngung notwendig. Man gebe den Rüben und Kartoffeln 50—60 kg Phosphorsäure auf 1 ha (25—30 Pfd. pro Morgen), dem Hafer 30 kg auf 1 ha (15 Pfd. pro Morgen). Die zweckmäßigste Form ist das Superphosphat.

Auch eine Kalidüngung spielt bei der Gründüngung auf besserem Boden eine außerordentlich wichtige Rolle und ist höchstens bei dem Hafer zu ersparen. Wie notwendig die Kalidüngung neben der untergepflügten Gründüngung für die Rüben und Kartoffeln ist, mögen folgende Beispiele zeigen:

Es wurden in Lauchstädt durch eine Kalidüngung neben untergepflügter Gründüngung (Erbsen, Bohnen und Wicken) auf 1 ha mehr geerntet:

+ 52,9 dz	Zuckerrüben	+ 10,78 dz	Zucker,
+ 120,4 „	Futterrüben	+ 22,76 „	Trockensubstanz,
+ 79,8 „	Kartoffeln	+ 12,31 „	Stärke.

Demnach wurden durch eine Beigabe von Kalisalzen zur untergepflügten Gründüngung pro Morgen mehr geerntet: 26 Ztr. Zuckerrüben, 60 Ztr. Futterrüben und 40 Ztr. Kartoffeln. Eine richtige Ausnutzung der Gründüngung kann demnach bei den Rüben und Kartoffeln nur stattfinden, wenn eine Beigabe von Kalisalzen erfolgt. Die Sache liegt hier ganz anders als bei der Stallmistdüngung. Mit der Stallmistdüngung führen wir dem Boden schon große Mengen von Kali zu, bei der Gründüngung ist dies nicht der Fall. Das Kali, welches in der Gründüngung steckt, haben die Gründüngungspflanzen, welche man auf besserem Boden für gewöhnlich nicht mit Kali düngt, auch nicht nötig hat, mit Kali zu düngen, dem Boden entnommen. Zweckmäßige Kalimengen sind für die Rübe: 3 dz 40prozent. Kalisalz oder 6 dz Kainit auf 1 ha ($1^1/_2$ Ztr. 40prozent. Kalisalz oder 3 Ztr. Kainit pro Morgen), für die Kartoffeln: 3 dz 40prozent. Kalisalz auf 1 ha ($1^1/_2$ Ztr. pro Morgen).

Was die Stickstoffdüngung betrifft, so haben Kartoffeln und Getreide neben gut geratener Gründüngung eine Beidüngung von Salpeter oder Ammoniak nicht notwendig. So wurden z. B. bei den Lauchstädter Versuchen folgende Kartoffelerträge festgestellt:

	Kartoffeln dz auf 1 ha	Stärke %	Stärke dz auf 1 ha
Gelbklee (gut geraten)	261,8	17,0	44,51
Gelbklee desgl. + 40 kg Stickstoff	260,6	15,7	40,91
Erbsen, Bohnen, Wicken (gut geraten) . . .	252,4	17,7	44,67
Erbsen, Bohnen, Wicken desgl. + 40 kg Stickstoff	258,9	16,1	41,68

Demnach war für die Kartoffel der Gründüngungsstickstoff voll und ganz ausreichend, die Beidüngung von Stickstoff hatte sogar direkt schädlich gewirkt. Der prozentische Stärkegehalt der Kartoffeln war derartig durch dieselbe herabgedrückt worden, daß durch die Beidüngung von Stickstoff weniger Stärke erzeugt wurde als ohne dieselbe.

Dagegen hat die anspruchsvollere Rübe eine Beidüngung von Stickstoff zur Gründüngung notwendig. So wurden in einem normalen Jahre bei den Lauchstädter Versuchen folgende Erträge festgestellt:

	Rüben dz auf 1 ha	Zucker %	Zucker dz auf 1 ha
Gelbklee (gut geraten)	392,8	18,95	74,44
Gelbklee desgl. + 60 kg Stickstoff	435,8	18,55	80,84
Schwedenklee (gut geraten)	363,9	18,80	68,41
Schwedenklee desgl. + 60 kg Stickstoff . .	434,9	18,65	81,11

Demnach war durch die Beidüngung von Stickstoff (Salpeter) Rüben- und Zuckerertrag noch wesentlich gesteigert worden. Nach anderweitigen Versuchen wäre aber diese Steigerung auch durch eine etwas niedrigere Stickstoffgabe, 30 kg Stickstoff pro Hektar (15 Pfd. pro Morgen) erreicht worden, so daß man empfehlen kann, den Rüben neben einer gut geratenen Gründüngung als Beidüngung 1 Ztr. Salpeter pro Morgen zu geben. Ist die Gründüngung schlechter geraten, so muß die Salpetergabe höher bemessen werden. Für Salpeter kann auch da, wo angebracht, Ammoniak gegeben werden.

d) Die Ausnutzung des Gründüngungsstickstoffs.

Im Durchschnitt mehrerer Jahre gestaltete sich in Lauchstädt die Stickstoffausnutzung einer Gründüngung in Form von Gelbklee, welcher in jedem Jahre angebaut wurde, folgendermaßen:

	Stickstoffausnutzung %
bei Rüben	40,1
„ Kartoffeln	48,3
„ Hafer (ohne Nachwirkung) . .	41,2
Mittel	43,2

Die Stickstoffausnutzung des Schwedenklees war da, wo derselbe geprüft wurde, ungefähr dieselbe als beim Gelbklee. Es lieferte aber unter jenen Verhältnissen der Schwedenklee eine geringere Erntemasse und auch geringere Mengen von Stickstoff. Die Stickstoffausnutzung der Bohnen, Erbsen, Wicken war bei

den Versuchen, wo diese Gründüngung im Vergleich zum Gelbklee geprüft wurde, etwa 10 % geringer als die Stickstoffausnutzung des Gelbklees. Dies ist nicht zu verwundern, da die Bohnen, Erbsen, Wicken eine viel schwerer zersetzbare Masse darstellen als der zarte Gelbklee, welcher leicht in Pflanzennahrung übergeführt wird.

Wie die obigen Zahlen zeigen, war die Stickstoffausnutzung auf dem besseren Boden eine bessere als auf dem Sandboden.

Stalldünger und Gründüngung.

Auf dem besseren Boden leistet eine Stallmistdüngung mehr wie eine Gründüngung. So wurden auf dem Lößlehmboden der Versuchswirtschaft Lauchstädt in günstigen Jahren geerntet:

	Lößlehmboden	
	Zuckerrüben dz auf 1 ha	Zucker dz auf 1 ha
Versuch 1.		
Gelbklee (vorzüglich geraten)	392,8	74,44
Gelbklee desgl. + 100 dz Stalldünger (bester Qualität)	423,1	79,12
200 dz Stalldünger (bester Qualität)	482,2	90,41
Versuch 2.		
Gelbklee (vorzüglich geraten)	219,7	40,64
200 dz Stalldünger (bester Qualität)	299,8	54,53
Versuch 3.		
Gelbklee (vorzüglich geraten)	261,8	44,51
200 dz Stalldünger (bester Qualität)	302,0	48,02

Diese Zahlen zeigen, daß der Stalldünger ganz erheblich mehr auf besserem Boden geleistet hatte, als die Gründüngung.

Anders liegen die Verhältnisse auf dem Sandboden. Hier leistet eine gut geratene Gründüngung im allgemeinen mehr wie der Stalldünger. So wurden auf dem trockenen Sandboden der Versuchswirtschaft Groß-Lübars in einem sehr günstigen Jahre folgende Ernteergebnisse gewonnen:

	Trockner Sandboden	
	Kartoffeln dz auf 1 ha	Stärke dz auf 1 ha
Gelbklee (vorzüglich geraten)	237,7	40,17
Gelbe Lupinen (vorzüglich geraten)	247,5	39,85
200 dz Stalldünger allein	193,9	32,60
200 dz Stalldünger + 4 dz Salpeter	237,0	39,60

Hier hatte also die Gründüngung mehr geleistet als der Stalldünger und allein ebensoviel wie der Stalldünger in Gemeinschaft mit dem Salpeter. Daß

der Stalldünger auf dem Sandboden weniger leistet als auf dem besseren Boden, liegt an den größeren Stickstoffverlusten, die er hier erleidet; daß die Gründüngung hier mehr leistet, liegt daran, daß sie hier schneller umgesetzt wird als auf dem besseren Boden.

Eine Beidüngung von Stalldünger zu weniger gut geratener Gründüngung kann empfohlen werden, besonders für den besseren Boden. Eine höhere Stalldüngergabe neben geratener Gründüngung ist aber eine Verschwendung. Mehr wie 100 dz pro Hektar (50 Ztr. pro Morgen) neben einer geratenen Gründüngung zu geben, wird sich nicht empfehlen.

Die Handelsdünger (Kunstdünger).

Von diesen sollen zunächst die Stickstoffdünger, darauf die Phosphorsäuredünger, dann die Kalidünger und zum Schluß die Kalk- und Magnesiadünger besprochen werden.

1. Die Stickstoffdünger.

a) Der Chilesalpeter (Natronsalpeter).

Der Chilesalpeter findet sich in der Natur nicht in der im Handel vorhandenen Form, sondern als Rohsalpeter, der in seiner Heimat in Chile als „Caliche" bezeichnet wird. Dieser Rohsalpeter ist mit erdigen Bestandteilen und Salzen verschiedener Art durchsetzt und enthält in seiner reinsten Form 40 bis 50 % salpetersaures Natron, während das Handelsprodukt 95 % enthält. Er tritt nur vereinzelt zutage und findet sich meist unter einer Deckschicht von 0,5—3 m Mächtigkeit, auf einer Tonschicht lagernd, so z. B. in dem bedeutendsten Salpeterbezirk in der Provinz Tarapaca. Es kommen jedoch auch große Abweichungen von diesen Lagerverhältnissen vor, namentlich in den südlichen Distrikten. Was die Entstehung der Salpeterlager betrifft, so sind sie wahrscheinlich aus ungeheuren Massen von ans Ufer getriebenen Seepflanzen (Meeresalgen) hervorgegangen, welche durch Hebungen vom Meere abgeschlossen wurden und der Verwesung und Salpeterbildung anheimfielen. In jenen regenlosen Gegenden ist dann der so gebildete Salpeter erhalten geblieben.

Um den unter der Deckschicht lagernden Rohsalpeter zu gewinnen, muß erstere gehoben werden, was durch Sprengen geschieht. Nach Abräumen der Deckschicht wird der Rohsalpeter im Tagebau gefördert, durch Brechmaschinen zerkleinert und in größeren Kochkesseln gelöst. Die heiße Lösung fließt durch Kanäle in schmiedeeiserne Kühlpfannen, um hier mittelst Kristallisation das salpetersaure Natron von den anderen Salzen zu trennen. Die aus den Kristallisierpfannen ablaufende Mutterlauge wird durch Dampfpumpen wieder hoch gepumpt und tritt nach Extraktion eines anderen wertvollen Bestandteiles, des Jods, den Kreislauf mit der Auslaugung neuen Rohmaterials aufs neue an. Nachdem die erkaltete Mutterlauge abgeflossen ist, schaufelt man nach 12stündigem Abtropfen

den auskristallisierten Salpeter auf schräge Trockenbühnen, wo er weitere 4 Tage verbleibt, damit der Rest der Mutterlauge abtropfen kann. Von hier gelangt der Salpeter in einen Vorratsraum mit glatter zementierter Sohle, wo er noch weitere 14 Tage trocknet und dann zu 100 kg gesackt wird.

Das Handelsprodukt zeigt folgende durchschnittliche Zusammensetzung:

Salpetersaures Natron	95,0 % (entsprechend 15,5 % Stickstoff),
Chlornatrium (Kochsalz)	2,5 „
Schwefelsaures Natron	0,5 „
Verunreinigungen und Wasser . . .	2,0 „
	100,0 %

Der Chilesalpeter wird seitens der Hamburger Importeure leider immer noch auf Grund der sogenannten indirekten Methode und nicht, wie es sein sollte, und auch sonst in den Versuchsanstalten geschieht, nach dem direkt ermittelten Stickstoffgehalt gehandelt. Vor einigen Jahren kam es vor, daß der Chilesalpeter größere Mengen von giftig wirkendem Perchlorat enthielt; jetzt kommen Produkte mit größeren Mengen Perchlorat wohl nur noch selten vor. Der Gehalt an Perchlorat soll nicht mehr wie 1 %, für Moorböden nicht mehr als 0,5 % betragen. Der Salpeter muß, da er hygroskopisch ist, trocken aufbewahrt werden und ist in gut gemahlenem Zustande anzuwenden.

Der Konsum an Salpeter ist von Jahr zu Jahr in rapider Weise gestiegen. Es betrug der Weltverbrauch:

1885 . . .	4 450 000 dz	1905 . . .	15 678 100 dz
1890 . . .	8 979 510 „	1910 . . .	22 870 160 „
1895 . . .	10 686 490 „	1912 . . .	25 256 340 „
1900 . . .	13 618 360 „		

Demnach betrug der Weltkonsum im Jahre 1885 nur rund $4^1/_2$ Millionen Doppelzentner, im Jahre 1912, also 27 Jahre später, rund $25^1/_4$ Millionen Doppelzentner. Über den Verbrauch an Chilesalpeter in Deutschland bringt das Statistische Jahrbuch für das Deutsche Reich folgende Zahlen:

	1905	1910	1911	1912
Einfuhr	5 409 160	7 499 450	7 309 390	8 128 980
Ausfuhr	205 310	270 240	279 530	274 310
Bleiben	5 203 850	7 229 210	7 029 860	7 854 670
$^1/_5$ für technische Zwecke .	1 040 770	1 445 842	1 405 972	1 570 934
Für die deutsche Landwirtschaft	4 163 080	5 783 368	5 623 888	6 283 736

Demnach würden jetzt jährlich von der deutschen Landwirtschaft über 6 Mill. Doppelzenter konsumiert werden. Nach Mitteilungen der Delegation der Vereinigten Salpeterproduzenten soll der Konsum in Deutschland noch ein größerer sein.

Der Salpeter ist leicht löslich, wird von der Ackererde nicht absorbiert und daher von der Pflanze schneller wie jede andere Stickstofform aufgenommen, wodurch er sich auch mehr der Einwirkung niederer Organismen entzieht. Aus diesem Grunde liefert er der Pflanze während der Sommervegetation die größten Stickstoffmengen. So wurden z. B. bei auf verschiedenen Bodenarten seitens der Versuchsstation Halle ausgeführten Feldversuchen, wo für das Ammoniak und den Kalkstickstoff die günstigsten Bedingungen gewählt wurden,[1]) folgende Stickstoffausnutzungen festgestellt:

	Feldversuche: Von 100 Teilen des in der Düngung gegebenen Stickstoffs in den Ernten zurückgewonnen: (Durchschnitt von 4 Jahren)		
	Chilesalpeter	Schwefels. Ammoniak	Kalkstickstoff
Roggen	49,0	38,6	26,7
Weizen	55,1	48,7	43,7
Hafer	61,8	59,6	41,3
Kartoffeln	45,8	40,7	33,0
Futterrüben	60,8	48,2	36,1
Zuckerrüben	91,8	79,8	67,8
Durchschnitt	60,7	53,1	41,4
	100	: 87	: 68

Diese Zahlen zeigen, daß der Salpeter den Pflanzen mehr Stickstoff zu liefern vermag, als das Ammoniaksalz und der Kalkstickstoff. Mit diesen Untersuchungen stimmen die vielen anderen, welche seitens anderer Versuchsanstalten ausgeführt wurden, überein.

Somit steht es unzweifelhaft fest, daß der Salpeter diejenige Stickstofform ist, welche in einer Sommervegetation den Pflanzen die größten Stickstoffmengen zu liefern vermag. Mit der hohen Stickstoffaufnahme geht aber nicht immer Hand in Hand die Produktion, da die weniger intensiv wirkenden Stickstofformen, von denen das Ammoniaksalz in erster Linie in Frage kommt, von der Pflanze haushälterischer verwertet werden als der Salpeter, d. h. gleiche aus der Ammoniakdüngung oder aus der Kalkstickstoffdüngung aufgenommene Stickstoffmengen erzeugen eine etwas größere Menge von Ernteſubstanz, als gleiche aus einer Salpeterdüngung aufgenommene Stickstoffmengen. Der Wirkungswert der Stickstofformen entspricht nicht immer den aufgenommenen Stickstoffmengen. So betrug z. B. das Wirkungsverhältnis des schwefelsauren Ammoniaks, wenn der durch den Salpeter erzeugte Mehrertrag an Körnern, Knollen und Wurzeln gleich 100 gesetzt wird:

[1]) Das schwefelsaure Ammoniak wurde mit Ausnahme der Kopfdüngungen zu Wintergetreide immer als Ammoniaksuperphosphat gegeben und ordentlich in den Boden gebracht. Der Kalkstickstoff wurde 8 Tage vor der Bestellung gegeben und ebenfalls ordentlich in den Boden gebracht.

	Wirkungsverhältnis: (Durchschnitt von 4 Jahren)	
	Chilesalpeter	Schwefels. Ammoniak
Roggen (Salpeter und schwefels. Ammoniak: Frühjahr) . .	100	78
Roggen (Salpeter: Frühjahr, schwefels. Ammoniak: Herbst)	100	84
Weizen (Salpeter und schwefels. Ammoniak: Frühjahr) . .	100	90
Weizen (Salpeter: Frühjahr, schwefels. Ammoniak: Herbst)	100	105
Hafer	100	102
Kartoffeln	100	88
Futterrüben	100	81
Zuckerrüben	100	84

Wir sehen, daß unter Umständen das schwefelsaure Ammoniak etwas höhere Erträge erzeugen kann, als der Salpeter, trotzdem es den Pflanzen nicht so viel Stickstoff zu liefern vermag. Einige besondere Versuchsergebnisse der Hallenser Feldversuche mögen noch zeigen, daß aufgenommene Stickstoffmengen und erzeugte Pflanzensubstanz nicht immer in proportionalem Verhältnis stehen:

Mehrernten durch 15,5 kg Stickstoff auf 1 ha			Von 100 Teilen Stickstoff der Düngung aufgenommen	
	Chilesalpeter	Schwefels. Ammoniak	Chilesalpeter	Schwefels. Ammoniak
Hafer . .	+ 5,42 dz Körner	+ 6,12 dz Körner	68,0 Teile	66,0 Teile
Weizen .	+ 4,52 „ „	+ 4,94 „ „	77,3 „	68,3 „
Kartoffeln	+ 20,31 „ frische + 4,88 „ Trockensubstanz	+ 18,99 „ frische + 5,27 „ Trockensubstanz	56,5 „	41,0 „

In diesen Fällen hatte also das Ammoniaksalz etwas mehr Ernte substanz erzeugt, als der Salpeter und den Pflanzen doch nicht soviel Stickstoff geliefert. Die mit Salpeter gedüngten Pflanzen waren nur stickstoffreicher.

Der Salpeter liefert den Pflanzen während der Sommervegetation aber nicht nur die größten Stickstoffmengen, sondern er vermag auch, wie ein jeder Landwirt weiß, die Pflanzen am schnellsten mit Stickstoff zu versorgen. In Anbetracht dieser seiner intensiven Wirkung kommt der Salpeter in erster Linie in Frage:

1. Als Kopfdünger im allgemeinen, speziell für Wintergetreide.
2. Zur schnellen Kräftigung schwach stehender Pflanzen.
3. Für sehr stickstoffbedürftige, stark produzierende Pflanzen, besonders für Rüben.

Vergleichende Versuche über die Wirkung des Chilesalpeters und schwefelsauren Ammoniaks als Kopfdünger sind in außerordentlich großer Anzahl ausgeführt worden. In den bei weitaus meisten Fällen hat sich bei diesen vielen

Versuchen der Chilesalpeter dem schwefelsauren Ammoniak gegenüber als überlegen erwiesen.

Die Wirkung des Chilesalpeters ist, wie der Landwirt sagt, eine treibende; er bringt Kraut und Halm zur üppigsten Entwicklung. Hiermit geht aber Hand in Hand eine gewisse Reifeverzögerung. Deshalb dürfen die Salpetergaben nicht zu hoch bemessen, dieselben nicht zu spät gegeben werden und auch nicht die nötigen Phosphorsäuregaben, welche reifebeschleunigend wirken, fehlen.

Stärkere Salpetergaben rufen beim Getreide leicht die Neigung zum Lagern hervor und erfordern deshalb eine gewisse Vorsicht. Dem Lagern des Getreides kann entgegengewirkt werden durch ein schwächeres Aussaatquantum und eine weitere Stellung der Drillreihen. Für die Zuckerrüben hat man dagegen bei stärkerer Salpeterdüngung eine engere Stellung zu wählen, da bei weiterer Stellung der Rüben der prozentische Zuckergehalt durch die Salpeterdüngung mehr herabgedrückt wird als bei engerer Stellung. Größere Salpetergaben rufen bei schweren Böden auch leicht eine Verkrustung der Ackerkrume hervor. Mittel um diesem Übelstande entgegenzuwirken sind die Hacke und eine Ätzkalkdüngung.

Was nun die einzelnen Feldfrüchte betrifft, so verhalten sich dieselben gegen eine Salpeterdüngung folgendermaßen:

Die Rüben. Diese sind besonders dankbar für eine Salpeterdüngung. Sie lieben nicht nur die Salpeterform, sondern sie sind auch dankbar für das Natron, welches ihnen gleichzeitig mit dem Salpeter zugeführt wird.

Die Kartoffeln. Diese sind im Gegensatz zu den Rüben gegen eine höhere Salpeterdüngung empfindlich, besonders in feuchten Lagen. Aus diesem Grunde hat man mit der Salpeterdüngung bei ihnen vorsichtiger umzugehen.

Der Roggen. Dieser ist besonders dankbar für eine Salpeterdüngung im Frühjahr. Die hohe Steigerung, welche die Roggenerträge in den letzten Jahrzehnten erfahren haben, sind zu einem großen Teil darauf zurückzuführen, daß man es verstanden hat, den Roggen im Frühjahr richtig mit Salpeter zu düngen.

Der Weizen. Auch der Weizen ist im allgemeinen dankbar für eine Salpeterdüngung im Frühjahr. Nur in Gegenden, wo er leicht befällt, darf man die Salpetergaben im Frühjahr nicht zu hoch bemessen, oder man muß die Salpeter-Kopfdüngung im Frühjahr durch eine Ammoniak-Herbstdüngung ersetzen.

Der Hafer. Der Hafer ist ebenfalls sehr dankbar für eine Salpeterdüngung, die auch, wie hier erwünscht, ein eiweißreiches Futter erzeugt.

Die Gerste. Für die Gerste ist der Salpeter im allgemeinen nicht geeignet. Soll eine gute eiweißarme Braugerste erzeugt werden, so ist dies eher zu erreichen durch eine Ammoniakdüngung als durch eine Salpeterdüngung.

Die Leguminosen. Ist für die erste Entwicklung dieser Pflanzen eine geringe Stickstoffgabe notwendig, so ist dieselbe am besten in Form kleiner Salpetergaben zu verabfolgen.

Unter mittleren Verhältnissen erzeugt 1 dz Salpeter auf 1 ha:

3— 4 dz Getreidekörner,
15—20 „ Kartoffeln,
20—25 „ Zuckerrüben,
40 „ Futterrüben.

Diese Mengen können unter sehr günstigen Verhältnissen überschritten, unter weniger günstigen Verhältnissen nicht erreicht werden. Das letztere ist hauptsächlich der Fall. wenn die Pflanzen mit Salpeter überdüngt werden.

b) Das schwefelsaure Ammoniak.

Das schwefelsaure Ammoniak wurde bisher fast ausschließlich als Nebenprodukt der Gas- und Koksanstalten gewonnen. Leider gelingt es nicht, den in den Steinkohlen enthaltenen Stickstoff vollständig zu gewinnen. Von den 1,2 bis 1,5% Stickstoff der Steinkohle wird ungefähr nur $^1/_6$ als Ammoniak gewonnen. 100 kg Kohlen liefern 1,5 kg schwefelsaures Ammoniak = 0,3 kg Stickstoff. Trotzdem ist die Ammoniakproduktion eine große und erfährt von Jahr zu Jahr eine beträchtliche Steigerung. Der Verbrauch in Deutschland betrug:

1895	790 000 dz	1911	3 700 000 dz
1900	1 260 000 „	1912	4 250 000 „
1905	2 100 000 „	1913	4 600 000 „
1910	3 500 000 „		

Diese ganze Menge wird nicht seitens der Landwirtschaft konsumiert, sondern ein kleiner Teil ist für technische Zwecke davon in Abzug zu bringen. Die Weltproduktion kann man zu 14 Millionen dz annehmen. Von den in Deutschland gewonnenen Mengen werden etwa 10mal so viel in den Koksanstalten gewonnen als in den Gasanstalten. Die Ammoniakproduktion kann noch eine weitgehende Steigerung erfahren, da es noch viele Gas- und Koksanstalten ohne Ammoniakanlage gibt. Außerdem wird ein Teil des aus der Luft gewonnenen Kalkstickstoffs zu schwefelsaurem Ammoniak verarbeitet und ferner wird jetzt nach dem Haberschen Verfahren Ammoniak aus dem Luftstickstoff auf synthetischem Wege hergestellt. Diesem Verfahren steht jedenfalls eine große Zukunft bevor. Der Rückgang des Preises für das schwefelsaure Ammoniak, welcher in letzter Zeit zu verzeichnen war, ist auf die Erfolge zurückzuführen, welche man mit diesem Verfahren gehabt hat.

Das Handelsprodukt enthält 20—21% Stickstoff. Wie aus dem vorigen Abschnitt hervorgeht, liefert das Ammoniaksalz den Pflanzen in der Sommervegetation etwas weniger Stickstoff wie der Salpeter, wirkt also nicht so intensiv wie der letztere. Die Gründe hierfür sind im ersten Teile dieses Buches aufgeführt worden (s. S. 92).

In welchen Fällen kommt die Anwendung des schwefelsauren Ammoniaks bezw. des Ammoniak-Superphosphates (Gemisch von schwefelsaurem Ammoniak und Superphosphat) besonders in Frage?

1. Bei Kulturpflanzen, welche das Ammoniak ebenso gut auszunutzen vermögen als den Salpeter. Die im ersten Teil Seite 93 an-

geführten Sterilisationsversuche von W. Krüger zeigen, daß die verschiedenen Kulturpflanzen sich gegen die beiden Stickstofformen Salpeter und Ammoniak verschieden verhalten. So bevorzugt z. B. die Rübe entschieden den Salpeter, während die Kartoffel und der Hafer für das Ammoniak im allgemeinen ebenso dankbar sind als für den Salpeter. Es geht dies nun auch aus den Feldversuchen hervor. So wurden folgende Mehrerträge durch den Salpeter und das schwefelsaure Ammoniak erzeugt:

Kartoffeln

	Mehrerträge durch 15,5 kg Stickstoff: Chilesalpeter dz Knollen	Schwefels. Ammoniak dz Knollen
Versuchsstation Köslin 4 Versuchsreihen[1]) . .	+ 19,4	+ 19,6
Versuchsstation Halle 12 Versuchsreihen[1]) . .	+ 26,5	+ 24,1
Versuchsstation Halle 10 Versuchsreihen[1]) . .	+ 22,1	+ 18,4
Versuchsfeld Rothamsted 15jährige Versuche[2]) .	+ 11,7	+ 11,5
Versuchsstation Darmstadt 13 Versuchsreihen[1]) .	+ 20,1	+ 16,4

Zum Teil stimmen also die durch das schwefelsaure Ammoniak erzielten Mehrerträge ganz mit denen durch den Salpeter erzielten überein, zum Teil liegen sie um ein wenig niedriger, aber um so wenig, daß dies praktisch gar nicht in Frage kommt. Dazu kommt, daß die mit Ammoniaksalz gedüngten Kartoffeln durchschnittlich etwas stärkereicher sind als die mit Salpeter gedüngten. Bei den vorliegenden Versuchen kamen die Differenzen in dem Stärkegehalt (s. Originalberichte) deshalb nicht zum Ausdruck, als überall eine reichliche Kalidüngung im Frühjahr stattgefunden hatte, durch welche der Stärkegehalt derartig herabgedrückt wurde, daß Unterschiede zwischen der Salpeter- und Ammoniakdüngung nach dieser Richtung hin nicht zum Vorschein kamen. Auch sind die mit Ammoniaksalz gedüngten Kartoffeln, wie jeder Landwirt weiß, haltbarer als die mit Salpeter gedüngten.

Hafer.

	Mehrerträge durch 15,5 kg Stickstoff: Chilesalpeter dz Körner	Schwefels. Ammoniak dz Körner
Versuchsstation Bonn 2 Versuchsreihen[1]) . . .	+ 4,7	+ 4,8
Versuchsstation Halle 6 Versuchsreihen[1]) . . .	+ 3,0	+ 3,0
Versuchsstation Halle 4 Versuchsreihen[1]) . . .	+ 3,8	+ 3,9
Versuchsstation Darmstadt 11 Versuchsreihen[1]) .	+ 3,1	+ 2,5

In den drei ersten Fällen stimmen die durch den Salpeter und das Ammoniaksalz erzielten Mehrerträge fast mathematisch überein, im letzteren Falle hatte der Salpeter etwas besser abgeschnitten. Im Durchschnitt sind die durch den Salpeter und das schwefelsaure Ammoniak erzielten Mehrerträge fast genau dieselben, so daß man sagen kann, daß auch der Hafer das Ammoniaksalz für die Produktion ebenso gut zu verwerten vermag als die Kartoffel.

[1]) Arbeiten der D. L.-G.

[2]) Wieler, Rothamsteder Versuche 1896. Berlin, Verlag von P. Parey.

Sind bei den Kartoffeln und dem Hafer die durch die beiden Stickstofformen erzielten Mehrerträge nahezu dieselben, so sind die aus dem Salpeter aufgenommenen Stickstoffmengen auch hier fast durchweg immer höhere, so daß auch diese Pflanzen, wenn sie mit Salpeter gedüngt werden, in der Regel einen höheren Stickstoffgehalt aufweisen, als wenn eine Düngung mit schwefelsaurem Ammoniak erfolgt.

2. Zur Erzeugung einer guten Braugerste. Eine gute Braugerste muß möglichst eiweißarm sein. Ein eiweißärmeres, stärkereicheres Korn ist eher zu erzielen durch das weniger intensiv wirkende schwefelsaure Ammoniak als durch den Salpeter. Früher empfahl man als besten Gerstendünger den Peruguano. Seitdem Peruguano aber nur noch in geringer Menge vorhanden ist und die Handelsprodukte meist ein Gemisch von stickstoffarmem Guano und schwefelsaurem Ammoniak darstellen, ist das schwefelsaure Ammoniak als Gerstendünger für den Peruguano immer mehr und mehr eingetreten und das mit Recht, da man in ihm den Stickstoff billiger hat, als im Peruguano.

3. Für solche Lagen, wo leicht Krankheitserscheinungen zu befürchten sind, welche durch den intensiv wirkenden Salpeter mehr begünstigt werden als durch das schwefelsaure Ammoniak (Befall von Weizen, Kartoffeln in feuchten Lagen).

4. Als Herbstdünger. In größeren Mengen kann das schwefelsaure Ammoniak als Herbstdünger aber nur in Frage kommen auf den besseren, stärker absorbierenden Bodenarten und nicht auf den Sandböden, wo während des Herbstes und Winters außerordentlich große Stickstoffverluste stattfinden. Die folgenden Beispiele, welche den Hallenser Versuchen entnommen sind, mögen den großen Unterschied demonstrieren, welcher zwischen einer Herbstdüngung auf besseren und einer solchen auf leichteren Böden zutage tritt. Es wurden 1906, 1907 und 1908, Jahre welche in ihren Witterungsverhältnissen als normal zu bezeichnen sind, folgende Mehrernten und Stickstoffaufnahmen festgestellt:

	1906: Mehrernten	
	Weizen Lehmboden	Roggen Sandboden
	dz Körner auf 1 ha	
30 kg Stickstoff, 1/3 Salpeter Herbst, 2/3 Salpeter Frühjahr	+ 10,75	+ 5,26
30 kg Stickstoff, 1/3 Ammoniak Herbst, 2/3 Salpeter Frühjahr	+ 9,54	+ 5,86
30 kg Stickstoff, ganze Gabe Ammoniak Herbst	+ 8,97	+ 0,40
30 kg Stickstoff, ganze Gabe Kalkstickstoff Herbst	+ 8,59	+ 1,75

	Von 100 Teilen Stickstoff der Düngung aufgenommen	
	Weizen Lehmboden	Roggen Sandboden
30 kg Stickstoff, 1/3 Salpeter Herbst, 2/3 Salpeter Frühjahr	104,3	34,3
30 kg Stickstoff, 1/3 Ammoniak Herbst, 2/3 Salpeter Frühjahr	?	43,7
30 kg Stickstoff, ganze Gabe Ammoniak Herbst	91,7	1,3
30 kg Stickstoff, ganze Gabe Kalkstickstoff Herbst	81,3	17,7

Im Jahre 1909, wo es sich um einen ganz trocknen Winter und um ein trocknes Frostwetter im Frühjahr handelte, konnte der im Frühjahr obenauf gestreute Salpeter nicht zur Wirkung kommen und so erzeugte denn das im Herbst gegebene Ammoniaksalz ebenso wie das im Herbst gegebene Fleischdüngemehl nennenswert höhere Erträge. Solche Jahre dürften aber nun äußerst selten vorkommen. In allen anderen Jahren war der im Herbst gegebene Ammoniakstickstoff auf dem Sandboden, wie die Zahlen zeigen, fast ganz verloren gegangen, nur Spuren waren von ihm durch den Roggen aufgenommen worden. Annähernd dasselbe gilt auch von dem im Herbst gegebenen Fleischdüngemehl.

Aus diesen vielen Versuchen und aus denen anderer Versuchsanstellen ergibt sich, daß eine Herbstdüngung in größeren Mengen nur in Frage kommen kann auf besserem Boden und zwar hier speziell für Weizen, wo dieser leicht befällt. Auf allen leichteren Böden darf eine Herbstdüngung nur in kleiner Menge erfolgen und auch nur dann, wenn es notwendig ist, die Pflanzen für den Winter zu kräftigen. In allen anderen Fällen ist eine Herbstdüngung auf Sandböden fortgeworfenes Geld. Auch auf den mittleren Böden ist eine Frühjahrsdüngung der Herbstdüngung immer vorzuziehen.

Auf kalkreichen Böden erleidet das schwefelsaure Ammoniak, wenn es nur obenauf gestreut und nicht gleich untergebracht wird, Stickstoffverluste, hervorgerufen durch den Kalk des Bodens, welcher Ammoniak austreibt (s. S. 83). Aus diesem Grunde wirkt das schwefelsaure Ammoniak auf solchen Böden besonders schlecht als Kopfdünger. So wurden z. B. bei Feldversuchen der Versuchsstation Halle folgende Ergebnisse gewonnen:

Zuckerrüben:

	Lößlehmboden (0,455 % kohlensaurer Kalk) Mehrernten
15,5 kg Stickstoff, schwefels. Ammoniak, obenauf gestreut	+ 9,3 dz Wurzeln
15,5 „ „ „ „ sofort eingeeggt	+ 15,2 „ „
15,5 „ „ Chilesalpeter obenauf gestreut . . .	+ 19,6 „ „

Das schwefelsaure Ammoniak hatte also da, wo es nicht sofort in den Boden gebracht wurde, außerordentlich schlecht gewirkt. Hier erzeugten 15,5 kg Stickstoff nur 9,3 dz Wurzeln, während das sofort eingeeggte Ammoniaksalz 15,2, der obenauf gestreute, nicht eingeeggte Salpeter 19,6 dz Wurzeln erzeugte.

Roggen:

	Mehrernten durch Kopfdüngung	
	Chilesalpeter 15,5 kg Stickstoff Körner dz	Schwefels. Ammoniak 15,5 kg Stickstoff Körner dz
Lehmiger Sandboden (0,577 % kohlens. Kalk)	+ 3,28	+ 2,05
Lößlehmboden (0,455 % „ „)	+ 3,31	+ 1,92
Tonboden (1,230 % kohlens. Kalk)	+ 2,53	+ 0,75
Trockner Sandboden (0,105 % kohlens. Kalk)	+ 2,49	+ 2,45
Feuchter „ (0,054 „ „ „)	+ 3,78	+ 4,22

Auch hier hatte das schwefelsaure Ammoniak als Kopfdünger auf den kalkreicheren Böden eine recht schlechte Wirkung gezeigt, eine erheblich geringere als der Chilesalpeter. Dies ist aber wohl nicht allein darauf zurückzuführen, daß bei der Oberflächendüngung durch den Kalk des Bodens aus dem Ammoniaksalz Ammoniak ausgetrieben wird, sondern wohl auch darauf, daß das Ammoniak auf den besseren stärker absorbierenden Böden zum Teil durch Absorption an der Oberfläche so festgehalten wird, daß es den Pflanzenwurzeln zunächst nicht zugänglich ist. Auf den kalkärmeren, schwach absorbierenden Sandböden hatte dagegen, wie die obigen Zahlen zeigen, das schwefelsaure Ammoniak als Kopfdünger eine sehr gute Wirkung gezeigt, in dem einen Falle sogar etwas besser abgeschnitten als der Chilesalpeter. Es ist also eine Kopfdüngung in Form von schwefelsaurem Ammoniak auf solchen Böden viel eher zu billigen als auf den kalkreicheren besseren Böden. In den meisten Fällen wirkt aber auch auf den leichteren Böden, wie die vielen Kopfdüngungsversuche zeigen, (s. z. B. Arbeiten der D. L. G.), der Chilesalpeter als Kopfdünger besser als das schwefelsaure Ammoniak.

Die beste Anwendung des schwefelsauren Ammoniaks ist die im Gemisch mit Superphosphat als Ammoniaksuperphosphat, welches vor der Bestellung zu geben und dann gleich ordentlich in den Boden zu bringen ist, am besten durch Einkrümmen oder Einpflügen. Das saure Superphosphat bindet das Ammoniak, wodurch die Ammoniakverluste, welche das schwefelsaure Ammoniak durch den Kalk des Bodens erleidet, wesentlich eingeschränkt werden.

In Anbetracht dessen, als man die günstige Wirkung des Chilesalpeters zum Teil mit auf das in ihm enthaltene Natron zuschreibt, versuchte man die Wirkung des schwefelsauren Ammoniaks durch eine Beigabe von Kochsalz (Chlornatrium) zu steigern. Es sind nun auch bei solchen Versuchen durch das schwefelsaure Ammoniak bei gleichzeitiger Kochsalzgabe zum Teil höhere Erträge gewonnen worden als da, wo das schwefelsaure Ammoniak allein gegeben wurde. (S. z. B. Versuche von B. Schulze, Mitteilungen der D. L. G. 1910.) Bei diesen Versuchen ist aber nicht vergleichsweise das Kochsalz neben Chilesalpeter geprüft worden, so daß solche Versuche nicht erkennen lassen, ob das Kochsalz die Wirkung des schwefelsauren Ammoniaks gesteigert hat, oder ob es als solches günstig auf den Ertrag gewirkt hat.

Es sind nun vom Verfasser, D. Meyer und F. Münter Versuche in der Weise angestellt, daß einerseits neben schwefelsaurem Ammoniak und Chilesalpeter nur 40prozent. Kalisalz, andererseits neben den beiden Stickstoffformen einmal 40prozent. Kalisalz und Kochsalz, dann neben den beiden Stickstofformen Kainit gegeben wurde, in welchem man das Kochsalz bis zu 50 % und darüber umsonst erhält. Die Versuche wurden im Jahre 1911 begonnen und haben in den letzten drei Jahren zu folgendem Ergebnis geführt:

Futterrüben:

		Rübenertrag auf 1 ha dz	Trockensubstanz %	Trockensubstanz auf 1 ha dz
2 dz 40prozent. Kalisalz	Ohne Stickstoff	374,8	14,65	54,9
	60 kg N Chilesalpeter	564,6	14,38	81,2
	60 kg N schwefels. Ammoniak	**537,6**	**14,44**	**77,7**
2 dz 40proz. Kalisalz + 4 dz Kochsalz	Ohne Stickstoff	406,4	14,51	59,0
	60 kg N Chilesalpeter	606,9	13,22	80,2
	60 kg N schwefels. Ammoniak	**568,9**	**13,39**	**76,2**
6 dz Kainit	Ohne Stickstoff	390,2	13,64	53,1
	60 kg N Chilesalpeter	600,3	13,54	81,2
	60 kg N schwefels. Ammoniak	**569,0**	**13,51**	**76,8**

Sommerweizen:

		Körnerertrag auf 1 ha dz 1911	1913
1,5 dz 40prozent. Kalisalz	Ohne Stickstoff	17,41	19,21
	30 kg N Chilesalpeter	21,97	27,82
	30 kg N schwefelsaures Ammoniak	**19,53**	**26,71**
1,5 dz 40proz. Kalisalz + 2 dz Kochsalz	Ohne Stickstoff	17,76	20,16
	30 kg N Chilesalpeter	22,94	28,14
	30 kg N schwefelsaures Ammoniak	**21,02**	**26,44**
4,5 dz Kainit	Ohne Stickstoff	17,05	18,96
	30 kg N Chilesalpeter	22,54	28,29
	30 kg N schwefelsaures Ammoniak	**20,46**	**26,69**

Aus diesen Versuchen geht hervor,

1. daß das Kochsalz neben Chilesalpeter dieselbe Wirkung gezeigt hat, wie neben schwefelsaurem Ammoniak. Es betrugen die Ernten:

Futterrüben:

Chilesalpeter				Schwefelsaures Ammoniak			
Ohne Kochsalz		Mit Kochsalz		Ohne Kochsalz		Mit Kochsalz	
Rüben dz	Trockensubstanz dz	Rüben dz	Trockensubstanz dz	Rüben dz	Trockensubstanz dz	Rüben dz	Trockensubstanz dz
564,6	81,2	**606,9**	**80,2**	537,6	77,7	**568,9**	**76,2**
Durch Kochsalz		+ 42,3	— 1,0			+ 31,3	— 1,5

Sommerweizen:[1])

Chilesalpeter		Schwefelsaures Ammoniak	
Ohne Kochsalz	Mit Kochsalz	Ohne Kochsalz	Mit Kochsalz
Körner	Körner	Körner	Körner
dz	dz	dz	dz
21,97	**22,94**	19,53	**21,02**
Durch Kochsalz	+ 0,97		+ 1,49

Die Zahlen zeigen also, daß das Kochsalz neben Chilesalpeter die Erträge in ähnlicher Weise beeinflußt hat, als neben Ammoniaksalz, daß es also mit anderen Worten als solches gewirkt hat. Bei den Futterrüben war der Erfolg nur ein scheinbarer. Es wurden durch die Kochsalzdüngung nur die Rohernten, nicht aber die Trockensubstanzmengen gesteigert. Hiermit soll nicht gesagt sein, daß das Kochsalz immer eine derartig mangelhafte Wirkung zeigt, sondern es soll nur zum Ausdruck gebracht werden, daß es neben dem Ammoniaksalz nicht anders gewirkt hat, als neben dem Chilesalpeter.

2. Geht aus den Versuchen hervor, daß die Nebensalze des Kainits dieselbe Wirkung zeigen, als das Kochsalz. Es wurden geerntet:

	Rüben dz	Trockensubstanz dz	Körner dz 1911	Körner dz 1913
40prozent. Kalisalz + Kochsalz .	568,9	76,2	21,02	26,44
Kainit	569,0	76,8	20,46	26,69

Die Nebensalze des Kainits hatten also dasselbe geleistet wie die Zugabe von Kochsalz. Man wird also, wenn man eine Kochsalzdüngung anwenden will, sich das Kochsalz nicht als solches erst kaufen, sondern Staßfurter Rohsalze in Form von Kainit, Sylvinit oder Hartsalz anwenden, in welchen man das Kochsalz bis 50 % und darüber umsonst erhält. Hervorgehoben mag noch werden, daß das Kochsalz bei gewissen Früchten, z. B. bei den Kartoffeln und dem Tabak, direkt schädlich wirkt und daß bei den Futterrüben sehr oft nur, wie zahlreiche Versuche vom Verfasser zeigen, die Rohernten gesteigert werden, nicht aber die Trockensubstanzmengen, auf welche es ankommt.

c) Die aus der atmosphärischen Luft gewonnenen Stickstofformen.

In unerschöpflicher Menge finden wir den Stickstoff in der atmosphärischen Luft, welche zu $^4/_5$ aus Stickstoff besteht. Der Berechnung nach enthält die über einem Hektar ruhende Luftsäule ca. 790000 dz Stickstoff, äquivalent ca. 5 Millionen Doppelzentner Chilesalpeter; das ist fast soviel als an Chilesalpeter von der ganzen deutschen Landwirtschaft jetzt alljährlich verbraucht wird. Dieser Stickstoff befindet sich aber in der Luft in ungebundener Form. Er muß erst, um von den Pflanzen aufgenommen werden zu können, in eine passende Verbindung übergeführt werden. Wir haben gesehen, daß dieser Prozeß vollzogen werden kann von einigen niederen Organismen (den Knöllchenbakterien der

[1]) Bei dem zweiten Versuch hatte das Kochsalz in keinem Falle eine Wirkung gezeigt.

Leguminosen und gewissen anderen niederen Bodenorganismen) und auch durch gewisse Naturerscheinungen (elektrische Entladungen, speziell Blitz). Die auf diese Weise dem Boden zufließenden Stickstoffmengen reichen aber bekanntlich längst nicht aus, um den Bedarf unserer Pflanzen an Stickstoff zu decken, und so ist man seit jeher bestrebt gewesen, den Stickstoff der Atmosphäre auf künstlichem Wege in eine für die Pflanzen aufnehmbare Form zu verwandeln. Dies ist in den letzten Jahren mit durchschlagendem Erfolg gelungen. Es werden jetzt im großen auf verschiedene Art und Weise Stickstoffprodukte aus der Luft hergestellt, die gehandelt werden und auch die Probe in der Landwirtschaft bereits bestanden haben. Hergestellt werden augenblicklich folgende Stickstofformen: Kalkstickstoff, Kalksalpeter (Norgesalpeter, Schlösingsalpeter), Ammoniaksalz (schwefelsaures Ammoniak, salpetersaures Ammoniak), Harnstoff und salpetersaurer Harnstoff. Von diesen soll zuerst der Kalkstickstoff besprochen werden, welcher als erstes Produkt auf den Markt gekommen ist.

Der Kalkstickstoff.

Der Kalkstickstoff wird nach dem Verfahren von Frank und Caro mit Hilfe des Kalziumkarbids hergestellt, welch letzteres durch Zusammenschmelzen von Kohle und Kalk im elektrischen Ofen erzeugt wird. Das Kalziumkarbid hat die Eigenschaft unter gewissen Bedingungen den Stickstoff der atmosphärischen Luft zu binden. Zu diesem Zweck wird die Luft erst vom Sauerstoff befreit, indem man sie durch glühendes Kupfer leitet, oder sich der sogenannten fraktionierten Destillation von flüssiger Luft bedient. Die vom Sauerstoff befreite Luft wird dann mit feingepulvertem Kalziumkarbid in den sogenannten Azotierungsöfen in Berührung gebracht. Bei einer Temperatur von 1000° C. entsteht nun unter Einwirkung von Stickstoff Cyanamid, welches durch sich ausscheidenden Kohlenstoff schwarz gefärbt ist und den Namen Kalkstickstoff erhalten hat. Durch einen Zusatz von 10% Chlorkalzium zum Kalziumkarbid gelingt die Bindung des Stickstoffs schon bei wesentlich niedrigerer Temperatur, 700—800° C. (Verfahren von Polzeniusz). Zur Erzeugung des Kalkstickstoffs sind große billige elektrische Kräfte notwendig, die beschafft werden durch geeignete Wasserkräfte oder billige Kohlen. Das Kalziumkarbid, welches also als Ausgangsmaterial dient, wird entweder da, wo es erzeugt wird, direkt auf Kalkstickstoff verarbeitet oder es wird vom Ort seiner Erzeugung bezogen und an anderen Orten auf Kalkstickstoff verarbeitet. Die erste größere Kalkstickstofffabrik wurde im Jahre 1905 in Piano d'Orte, unmittelbar an der Küste des adriatischen Meeres, ins Leben gerufen. Seit jener ersten italienischen Fabrik ist dann in Frankreich, der Schweiz, Schweden, Norwegen, Dalmatien, Amerika, Japan und Deutschland eine Reihe weiterer Kalkstickstoffwerke gebaut worden. Das erste deutsche Kalkstickstoffwerk mit dem Verfahren von Polzeniusz wurde in Westeregeln eröffnet. Da eine Vergrößerung des Betriebes hier nicht möglich war, wurde im Jahre 1906 von den Beteiligten der Aktiengesellschaft für Stickstoffdünger in Knapsack a. Rh. eine Fabrik gegründet, wohin dann auch der ganze

Betrieb von Westeregeln verlegt wurde. Das zweite größere in Deutschland in Betrieb stehende Werk ist das den Bayerischen Stickstoffwerken A.-G. in München, einer Tochtergesellschaft der deutschen Cyanidgesellschaft, gehörige Trostberger Werk. Die Cyanidgesellschaft hat hier von der Bayerischen Regierung die Bewilligung zur Ausnutzung einer Wasserkraft an der Alz bei Trostberg erhalten. An dritter Stelle sind zu nennen die Ostdeutschen Kalkstickstoffwerke und chemischen Fabriken Berlin, welche in Mühlthal bei Bromberg unter Benutzung der Wasserkraft der Brahe ein Kalkstickstoffwerk errichteten. In jüngster Zeit ist nun noch von den Rheinischen Dünger-Großindustriellen Scheibler (Chemische Fabrik Kalk bei Köln) und Albert (Chemische Werke vorm. H. & E. Albert, Biebrich) unter Beistand der Aktiengesellschaft für Stickstoffdünger in Knapsack ein neueres Unternehmen mit der Bezeichnung Mitteldeutsche Stickstoffwerke G. m. b. H. in Groß-Kayna bei Merseburg gegründet worden. Hier sowohl wie in Knapsack erfolgt die Erzeugung der elektrischen Kraft durch Braunkohle. Es betrug:

die Gesamtproduktion an Kalkstickstoff:	1912/13	1145000 dz
die Produktion in Deutschland:	1908/09	32280 „
	1909/10	54770 „
	1910/11	114230 „
	1911/12	228420 „
	1912/13	432830 „

Für dieses Jahr wird mit einer Produktion von 480000 dz in Deutschland gerechnet.

Der Vertrieb des Kalkstickstoffs erfolgt für Deutschland durch die Verkaufsvereinigung für Stickstoffdünger G. m. b. H. Berlin SW. 11, Dessauerstr. 19.[1])

Die in Deutschland in den Handel kommenden Produkte zeigen folgende Zusammensetzung:

15—22% Stickstoff,
ca. 55—60% Kalk,
15—20% Kohlenstoff.

Über die Wirkung des Kalkstickstoffs sind zahlreiche Feldversuche angestellt worden. Je nach Boden, Art der Früchte, Zeit und Art der Anwendung hat der Kalkstickstoff eine ziemlich wechselnde Wirkung gezeigt. Man kann annehmen, daß derselbe bei zweckmäßiger Anwendung im Durchschnitt eine Wirkung von 70—80% der Salpeterwirkung zeigt, was seinem Preise vollkommen entspricht. Es gibt aber Fälle, wo der Kalkstickstoff eine weit bessere Wirkung zeigt, nahe herankommt an die Wirkung des Ammoniaksalzes. So hat sich z. B. der Kalkstickstoff als Herbstdünger zu Wintergetreide, speziell zu Weizen, ausgezeichnet bewährt. Es wurden beispielsweise auf dem Lößlehmboden der Versuchswirtschaft Lauchstädt erzeugt:

[1]) Näheres über den Kalkstickstoff s. Zusammenstellungen von A. Kirchhoff-Friedenau.

	Herbstdüngung.	
	Durch 30 kg Stickstoff schwefelsaures Ammoniak Körner dz	Durch 30 kg Stickstoff Kalkstickstoff Körner dz
1906	+ 8,97	+ 8,59
1907	+ 7,07	+ 6,18
1909	+ 9,57	+ 9,12

Demnach war also der Kalkstickstoff als Herbstdünger fast an die Wirkung des Ammoniaks herangekommen.

Den Kalkstickstoff gebe man möglichst 8—14 Tage vor der Bestellung und bringe ihn, um Verluste zu vermeiden, gleich ordentlich in den Boden. Er kann angewendet werden zu allen Früchten. Besonders eignet er sich, wie wir sahen, als Herbstdünger für bessere Böden, speziell für Weizen. Eine besondere Beachtung dürfte er auch verdienen als Gerstendünger, da er weniger intensiv wirkt und dementsprechend eine eiweißärmere Braugerste erzeugt. Im allgemeinen wirkt der Kalkstickstoff am besten auf den besseren Böden, weniger gut auf den Sand-, Humus- und Moorböden, wo seine Wirkung oft eine unsichere ist. Beim Streuen stäubt er sehr, so daß hier, um seine gesundheitschädigende Wirkung zu vermeiden, die erforderliche Vorsicht geboten ist. Um das Stäuben einzuschränken, stellt man geölte Produkte her, welche etwas weniger stäuben. Beim längeren Lagern in Säcken können gewisse Stickstoffverluste eintreten und es leiden auch die Säcke.

Der Kalksalpeter (Norgesalpeter).

Der Kalksalpeter wird nach dem Verfahren von Birkeland-Eyde durch Oxydation des Luftstickstoffs auf elektrischem Wege gewonnen. Im Jahre 1903 machte Professor Birkeland in Christiana die Beobachtung, daß die elektrischen Entladungen eines mäßig hoch gespannten Wechselstromes innerhalb des magnetischen Feldes in der Form einer Scheibe zerpeitscht werden, wodurch die Verbrennung des Luftstickstoffs außerordentlich befördert wird. Der Vorteil gegenüber den früheren Verfahren dürfte im wesentlichen darin bestehen, daß bei weit geringerer elektrischer Spannung (5000 Volt, gegen früher mindestens 15000) größere Mengen Luft passieren können, aus denen eine billigere wie erheblich höhere Ausbeute an Salpetersäure als bisher erzielt werden soll.[1]) Der Prozeß wird in einem Luftverbrennungsofen vorgenommen, welcher die Form einer Trommel hat und durch den Ingenieur Samuel Eyde konstruiert und vervollkommnet ist. In dieser Trommel wird der Luftstrom einer Temperatur von 3000° C. ausgesetzt. Durch schnelle Abkühlung soll nun das in der elektrischen Flamme entstandene Stickoxyd (NO) fast ganz erhalten werden, während es bei

[1]) So wurde in Arendal bei gleichem Aufwande an elektrischer Energie eine um ca. 16% höhere Ausbeute an Salpetersäure gewonnen als am Niagarafalle. Wiener landw. Zeitung 14. April 1906.

den früheren Verfahren zum großen Teil wieder verloren ging. Das in einer Temperatur von 600—700° aus dem Ofen strömende Stickstoffoxyd verbindet sich mit Sauerstoff zu Stickstoffdioxyd (NO_2), und dieses wird durch eine Reihe von Türmen geleitet, mit Wasser gewaschen und ergibt eine 50prozent. Salpetersäure, welche mit Kalk gesättigt wird. Diese Masse wird dann in Pfannen auf einen Schmelzpunkt von 450° gebracht und in Blechzylinder gegossen, in denen sie langsam gerinnt. In dieser Form gelangt das Fabrikat auf den Chemikalienmarkt.[1]) Für Düngezwecke wurde anfangs das gewöhnliche kristallisierte Kalziumnitrat fabriziert, dessen außerordentliche hygroskopische Eigenschaft seine praktische Verwendung sehr erschwerte. So berichtet von Feilitzen, der Leiter der Versuchsanstalt in Jonköping, daß es beim Ausstreuen zwischen den Fingern zerfloß und nur mit Torfmull gemischt angewandt werden konnte. Man stellte deshalb ein basisches Kalziumnitrat her, welches jedoch nur 11,77% Stickstoff hatte. Naturgemäß bringt dieses Verfahren durch den Zusatz von Kalk eine Verteuerung der bisherigen Fabrikate mit sich; der geringere Stickstoffgehalt ist für den Absatz insofern recht ungünstig, daß er für den Konsumenten die Transportkosten pro Kilogramm Stickstoff erhöht und damit den Absatzkreis des künstlichen Kalksalpeters nicht unerheblich verringert. Diese letztere Erwägung mag dazu geführt haben, daß man jetzt bereits ohne Rücksicht auf die dadurch herbeigeführte weitere Erhöhung der Produktionskosten ein bereits teilweise entwässertes Salz von etwa 13% Stickstoff auf den Markt bringt.

Die erste größere Salpeterfabrik wurde in Notodden (Norwegen) im Anschluß an die dort vorhandenen größeren Wasserkräfte erbaut. Die Gesamtproduktion an Norgesalpeter der zur Zeit im Betrieb befindlichen Fabrikationsanlage in Notodden und der später errichteten am Rjukanfalle beläuft sich auf ca. 1000000 dz. Im Jahre 1915 soll eine zweite Stufe des Rjukan in Angriff genommen werden und mit 145000 PS arbeiten, die sowohl zur Herstellung von Norgesalpeter als auch anderer chemischer Produkte dienen werden. Sodann sind zurzeit zwei weitere Kraftanlagen an der Westküste Norwegens im Bau begriffen, die 1920 fertiggestellt sein müssen; jede derselben liefert ca. 75000 PS.

Der Kalksalpeter zeigt dieselbe Wirkung wie der Chilesalpeter. Im Durchschnitt zahlreicher Feldversuche, welche der Verfasser[1]) mit seinen Mitarbeitern auf den verschiedensten Bodenarten anstellte, wurden folgende Mehrerträge festgestellt:

	Mehrernten		Aus 100 Teilen Stickstoff der Düngung aufgenommen	
	Chilesalpeter 15,5 kg Stickstoff	Kalksalpeter 15,5 kg Stickstoff	Chilesalpeter	Kalksalpeter
Getreidekörner	dz + 2,81	+ 2,84	52,1	52,8
Kartoffeln	„ + 23,24	+ 23,48	48,1	52,1
Zuckerrüben	„ + 24,94	+ 24,36	61,9	64,3
Futterrüben	„ + 53.60	+ 52,16	60,8	61,7

[1]) Technische Woche vom 9. und 16. Nov. 1906. Bericht des Ingenieurs Walter Schmidt, Christiana.

Demnach hatte der Kalksalpeter die gleichen Mehrerträge wie der Chilesalpeter erzeugt und den Pflanzen auch die gleichen Stickstoffmengen geliefert. (S. hierzu S. 78.) Eine kleine Verschiedenheit in dem Verhalten unserer Kulturpflanzen gegen die beiden Salpeterformen, dem Chilesalpeter (Natronsalpeter) und dem Kalksalpeter, scheint vorhanden zu sein; dieselbe ist aber so gering, daß sie unter praktischen Verhältnissen auf dem Felde nicht oder nur selten zum Ausdruck kommt.

Der Kalksalpeter ist hygroskopischer als der Chilesalpeter; er wird deshalb seitens der Fabrik in gut verschlossenen Fässern versandt und ist in offenen Gefäßen längere Zeit nicht aufzubewahren, da er dann leicht zerfließt. Die kleinen Mengen von salpetrigsauren Salzen (Nitriten), welche er zumeist enthält, sind für das Pflanzenwachstum vollkommen unschädlich.

Synthetisch hergestellte Ammoniaksalze, Harnstoff und salpetersaurer Harnstoff.

In neuester Zeit ist es gelungen, aus dem Luftstickstoff und Wasserstoff unter Anwendung von hohem Druck und Katalysatoren Ammoniak auf synthetischem Wege herzustellen (Verfahren von Haber). Das so hergestellte Ammoniak kommt als schwefelsaures Ammoniak oder salpetersaures Ammoniak in den Handel, oder es wird aus ihm Harnstoff bezw. salpetersaurer Harnstoff hergestellt. Diesem synthetischen Verfahren steht voraussichtlich eine große Zukunft bevor. Der Preisrückgang, welchen das Ammoniak in letzter Zeit erfahren hat, ist auf die Erfolge zurückzuführen, welche man mit diesem Verfahren gehabt hat. Die Eigenschaften des so hergestellten schwefelsauren Ammoniaks sind natürlich die gleichen wie die der bei den Gas- und Koksanstalten hergestellten Produkte. Auch das salpetersaure Ammoniak, der Harnstoff und salpetersaure Harnstoff zeigen ungefähr die gleiche Wirkung wie das schwefelsaure Ammoniak, als Kopfdünger erleiden sie nicht so große Verluste als das schwefelsaure Ammoniak. Der Stickstoffgehalt dieser Produkte ist ein sehr hoher. Es enthielten nach Untersuchungen der Versuchsstation Halle:

Salpetersaures Ammoniak (Ammoniaksalpeter)	34,50 %	Gesamtstickstoff
Harnstoff	46,25 „	„
Salpetersaurer Harnstoff	34,00 „	„

Der Gesamtstickstoff des salpetersauren Ammoniaks setzt sich zur Hälfte aus Ammoniakstickstoff und zur Hälfte aus Salpeterstickstoff zusammen.

Der hohe Stickstoffgehalt ist für den Versand sehr willkommen, weniger aber für das Ausstreuen, da sich so hochprozentige wertvolle Düngemittel bei den geringen Mengen, wie sie zur Anwendung kommen müssen, auf dem Felde schlecht verteilen lassen.

d) Die organischen Stickstoffdünger.

Im Vergleich zum Salpeter und Ammoniak steht an organischen Stickstoffdüngern nur eine geringe Menge zur Verfügung. Es beträgt der jährliche Verbrauch in Deutschland an organischen Stickstoffdüngern nur ca. 1 Million

Doppelzentner, wenn von den konsumierten $^3/_4$ Millionen Doppelzentnern Knochenmehl, die nur geringe Mengen von Stickstoff aufweisen, abgesehen wird.

Die hauptsächlichsten Düngemittel dieser Art, von denen die zuerst aufgeführten: Blutmehl, Hornmehl, Wollstaub und Ledermehl wegen ihres geringen Phosphorsäuregehaltes nur nach Stickstoff gehandelt werden, sind die folgenden:[1])

Blutmehl, 11,8 % Stickstoff, 1,2 % Phosphorsäure, gewonnen aus unbrauchbarem Blut, in welchem das Eiweiß durch Dampfzuführung zum Gerinnen gebracht, dann getrocknet und gemahlen wird.

Hornmehl, 10,2 % Stickstoff, 5,5 % Phosphorsäure, gewonnen aus Horn, Hufen und Klauen durch Dämpfen, schwaches Rösten und Mahlen.

Wollstaub, 3,0 % Stickstoff, 0,5 % Phosphorsäure, Abfall der Wollwäschereien.

Ledermehl, 7,0 % Stickstoff, gewonnen aus Lederabfällen durch Dämpfen, Rösten und Mahlen.

Guanoarten. Von diesen ist der bei weitem wichtigste der

Peruguano: Im Handel unterscheidet man:

1. Rohen Peruguano: a) 7 % Stickstoff, 14 % Phosphorsäure, 1—2 % Kali,
   b) 3 „ „ 15 „ „ 2—3 „ „
2. Aufgeschlossenen Peruguano:
   7 % Stickstoff, 9,5 % wasserlösliche Phosphorsäure und 1—2 % Kali.

Der Peruguano ist entstanden aus den Exkrementen und Kadavern von Seevögeln, vorzugsweise Pelikanen, welche auf den Inseln von Peru in ungeheurer Anzahl ihre Brutstätten und Lagerplätze haben. In ihm ist in jenen regenlosen Gegenden der Stickstoff zu einem großen Teil erhalten geblieben.

Der echte hochprozentige Peruguano wird immer seltener, wenn auch die Peruanische Regierung für Schutz und Schonzeit der Brütvögel gesorgt hat. Die jetzt in den Handel gebrachten Peruguanos erfahren oft, um den fehlenden Stickstoff zu ergänzen, einen Zusatz von Ammoniak. Dieses Verfahren ist zu verwerfen, da man in solchen Produkten den Ammoniakstickstoff viel teurer bezahlen muß als in dem reinen schwefelsauren Ammoniak oder in dem Ammoniaksuperphosphat.

Zu den stickstoffhaltigen Guanoarten gehört auch der

Fledermausguano mit einem Stickstoffgehalt bis zu 10 % und

Fischguano, 8,5 % Stickstoff, 13,8 % Phosphorsäure, gewonnen aus Seefischen oder Abfällen derselben durch Dämpfen, Trocknen und Mahlen.

Fleischdüngemehl, 5,8 % Stickstoff, 17,4 % Phosphorsäure. Abfälle der Fleischextraktfabrikation, mit Knochenmehl vermahlen.

Kadavermehl (Tierkörpermehl), 6,5 % Stickstoff, 13,9 % Phosphorsäure, gewonnen in Abdeckereien aus Tierkadavern oder deren Teilen, ebenfalls mit Knochenmehl angereichert.

---

[1]) Der Stickstoff- und Phosphorsäuregehalt ist bei diesen Düngemitteln ein sehr schwankender. Die angeführten Zahlen sind Mittelzahlen aus Mentzel und v. Lengerkes landw. Kalender.

Poudrette, 7,4 % Stickstoff, 2,7 % Phosphorsäure, gewonnen aus menschlichen Fäkalien nach Ansäuern durch Eindicken derselben.

Knochenmehle. Von diesen kommen die folgenden in den Handel:

1. Rohes Knochenmehl, 4,0 % Stickstoff, 21,0 % Phosphorsäure, gewonnen durch Brechen, Stampfen und Mahlen der Knochen.

2. Gedämpftes unentleimtes Knochenmehl, 3,0 % Stickstoff, 22,0 % Phosphorsäure, gewonnen durch Entziehung des Fettes der zerkleinerten Knochen mittels chemischer Lösungsmittel, vorzugsweise Benzin, und darauf Behandlung mit Wasserdampf.

3. Entleimtes Knochenmehl, 1,0 % Stickstoff, 28,0 Phosphorsäure, gewonnen bei der Leimfabrikation, nachdem Fett und Leim durch Kochen mit Wasser entzogen worden sind.

4. Aufgeschlossenes Knochenmehl, 1—4 % Stickstoff, 12—18 % Phosphorsäure, davon in wasserlöslicher Form 6—12 %, gewonnen aus gedämpftem unentleimtem Knochenmehl durch Behandeln mit Schwefelsäure.

5. Knochenmehlsuperphosphat, 1,0 % Stickstoff, 17—20 % wasserlösliche Phosphorsäure, gewonnen durch Behandeln des entleimten Knochenmehls mit Schwefelsäure.

Der für die organischen Dünger angeführte Gehalt an Stickstoff und Phosphorsäure schwankt außerordentlich, so daß die obigen aufgeführten Mittelzahlen für die Praxis nicht ohne weiteres zu verwerten sind, sondern immer eine Analyse stattzufinden hat, die besonders auch deshalb notwendig ist, als diese Düngemittel oft verfälscht werden.

Der Stickstoff ist in den organischen Düngemitteln fast ausschließlich in Form von Eiweißstoffen vorhanden. Da diese im Boden durch den Verwesungs- und Salpeterbildungsprozeß erst in Ammoniak bezw. Salpeter umgewandelt werden müssen, diese Umsetzungen aber nur langsam erfolgen und mit ihnen auch gewisse Stickstoffverluste verbunden sind, so ist die Wirkung aller dieser Düngemittel nur eine langsame und eine geringere als die der löslichen Stickstoffverbindungen (Salpeter, Ammoniak usw.). Hinsichtlich der Wirksamkeit steht von den organischen Düngemitteln an der Spitze der Peruguano, welcher neben Eiweißstoffen größere Mengen von Harnsäure und kleinere Mengen von Ammoniak enthält. Dann folgt das Blutmehl, hierauf das Hornmehl, das Fischmehl, das Fleischdüngemehl und Kadavermehl, darauf die Poudrette und das Knochenmehl. Eine außerordentlich mangelhafte Wirkung zeigt der Wollstaub, so gut wie gar keine das Ledermehl, welches als Düngemittel nicht mehr angesprochen werden kann.

Für die landwirtschaftlichen Kulturen verdienen entschieden die löslichen Stickstoffverbindungen (Salpeter, Ammoniak usw.) den organischen Düngemitteln gegenüber den Vorzug, da man mit den ersteren 1. eine höhere Wirkung erzielen kann, 2. der Stickstoff in diesen billiger ist, als in den organischen Düngemitteln. Wagner empfiehlt deshalb, die organischen Düngemittel in erster Linie zu ver-

wenden für den Garten- und Gemüsebau, wo man die schnellwirksamen Stickstofformen (Salpeter, Ammoniak) den einzelnen Kulturen nicht so anpassen kann, wie in der Landwirtschaft und deshalb ganz zweckmäßig einen gewissen Überschuß in Form der organischen Düngemittel gibt, ohne dabei befürchten zu müssen, daß dieser Überschuß den Pflanzen schadet und so große Stickstoffverluste durch Auswaschen mit sich bringt, als dies bei den löslichen Stickstofformen der Fall ist.

Sollen die organischen Düngemittel in der Landwirtschaft Verwendung finden, so dürften sie in erster Linie in Frage kommen:

a) Für tätige Sandböden, wo ihre Umsetzung am schnellsten verläuft. Man hat sie hier früher besonders empfohlen als Herbstdünger für den Roggen. Neue Versuche haben aber gelehrt, daß auch diese Düngemittel auf dem Sandboden im Herbst und Winter große Stickstoffverluste erleiden, so daß größere Mengen von diesen Düngemitteln im Herbst auf solchen Böden nicht zur Verwendung kommen dürfen. Will man größere Mengen von Stickstoff in Form dieser Düngemittel anwenden, so kann dies auf den Sandböden nur für die Sommerfrüchte geschehen. Die Wirkung einer Herbst- und Frühjahrsdüngung mit solchen Düngemitteln zeigen z. B. Versuche, welche der Verfasser mit seinen Mitarbeitern auf dem trocknen Sandboden der Versuchswirtschaft Groß-Lübars mit Fleischdüngemehl anstellte. Es wurden folgende Mehrernten erzielt:

Roggen, Sandboden:

		30 kg Stickstoff Salpeter, Frühjahr	30 kg Stickstoff Fleischdüngemehl, Herbst
1909	Winter und Frühj. abnorm trocken	+ 3,19 dz Körner	+ 6,33 dz Körner
1910	normale Winter	+ 4,54 „ „	+ 1,18 „ „
1911	normale Winter	+ 4,36 „ „	+ 1,01 „ „
1912	normale Winter	+ 7,15 „ „	+ 1,63 „ „

Kartoffeln, Sandboden

		30 kg Stickstoff Salpeter, Frühjahr	30 kg Stickstoff Fleischdüngemehl, Frühjahr
1909	Winter und Frühjahr abnorm trocken	+ 79,7	+ 57,8
1910	normale Winter	+ 32,6	+ 38,2
1911	normale Winter	Kartoffeln mißraten	
1912	normale Winter	+ 47,3	+ 39,1
	Durchschnitt	+ 53,2	+ 45,0
		100 :	85

Als Herbstdünger zu Winterroggen hatte das Fleischdüngemehl nur im Jahre 1909, das sich durch einen abnorm trocknen Winter und ein abnorm trocknes Frühjahr auszeichnete, infolgedessen der obenauf gestreute Salpeter nicht zur Wirkung kommen konnte, eine gute Wirkung gezeigt. In allen anderen Jahren war der im Herbst gegebene Fleischdüngemehlstickstoff so gut wie voll-

ständig verloren gegangen. Eine viel bessere Wirkung hatte dagegen das Fleischdüngemehl als Frühjahrsdüngung zu Kartoffeln gezeigt. Hier wurden durch 30 kg Stickstoff in Form von Salpeter im Durchschnitt 53,2, durch die gleiche Menge Stickstoff in Form von Fleischdüngemehl 45,0 dz Knollen erzeugt. Demnach hatte hier das Fleischdüngemehl 85 % der Salpeterwirkung gezeigt. Will man also auf leichten Böden organische stickstoffhaltige Düngemittel anwenden, so kommen größere Mengen nur in Frage als Dünger für die Sommerfrüchte, als Herbstdünger nur kleinere Mengen.

b) Zur Erzeugung von Feldfrüchten von besonderer Qualität. Nach dieser Richtung hin kommen von den landwirtschaftlichen Kulturen besonders in Frage die Gerste und die Kartoffeln. Der Peruguano ist als vorzüglicher Dünger für Braugerste bekannt; er erzeugt eine gute eiweißarme Braugerste. Wenn man Peruguano als Gerstendünger verwenden will, so kaufe man den echten Peruguano und nicht einen solchen, in welchem man den fehlenden Stickstoff durch Ammoniak ersetzt hat. Im letzteren muß man das Ammoniak viel teurer bezahlen als in dem reinen schwefelsauren Ammoniak oder in dem Ammoniak-Superphosphat. Was die Kartoffeln betrifft, so gewinnt man bei Anwendung von organischen Stickstoffdüngern entschieden Speisekartoffeln von besserem Geschmack und größerer Haltbarkeit; man muß dann aber auf die größeren Erträge, welche man mit den löslichen Stickstofformen (Salpeter, Ammoniak) erzielen kann, verzichten.

Allgemeines über die Anwendung der stickstoffhaltigen Handelsdünger (Salpeter, Ammoniak usw.).

Die Höhe der Stickstoffdüngung.

Wohl die allerwichtigste Frage in der ganzen Düngerlehre ist die nach den zweckmäßig zu verwendenden Mengen an stickstoffhaltigen Handelsdüngern. Die Höhe dieser Stickstoffdüngungen ist abhängig zu machen:

1. Von den Bodenarten. Feuchte produktionsfähige Sandböden und schwerere untätige Böden lohnen meist hohe Stickstoffgaben, während bei trocknen Sandböden mit geringer Produktionsfähigkeit und bei sehr tätigen Böden, stickstoffreichen humosen Böden, welch letztere viel von ihrem eigenen Stickstoffkapital hergeben, meist geringere Stickstoffgaben am Platze sind.

2. Von der Fruchtfolge. Nach Stickstoffzehrern ist die Stickstoffdüngung höher zu bemessen, als nach Leguminosen, wo sie unter Umständen für die Nachfrüchte ganz in Fortfall kommen kann. Nach Stickstoffzehrern, welche den Stickstoffvorrat des Bodens stark in Anspruch nehmen, ist die Stickstoffdüngung wieder höher zu bemessen als nach solchen, welche an den Stickstoffvorrat des Bodens geringere Ansprüche stellen. So hat z. B. ein nach den anspruchsvollen Rüben angebauter Weizen eine höhere Stickstoffdüngung nötig als ein nach den weniger anspruchsvollen Kartoffeln angebauter Weizen.

3. Von der Stallmist- und Gründüngung. Früchte, welche in Stalldünger angebaut sind, gebrauchen entweder gar keinen Zuschuß von Stickstoff oder nur geringere Mengen, während solche, welche nicht in Stallmist angebaut werden, größere Mengen von Stickstoff notwendig haben. So wurden z. B. bei Versuchen, welche der Verfasser mit seinen Mitarbeitern in der Versuchswirtschaft Lauchstädt anstellte, im Durchschnitt von 4 Jahren folgende Erträge festgestellt:

Zuckerrüben.

	Ohne Stalldünger				200 dz Stalldünger auf 1 ha			
	Wurzeln dz	Zucker %	Zucker dz	Kraut dz	Wurzeln dz	Zucker %	Zucker dz	Kraut dz
90 kg Stickstoff + Phosphorsäure + Kali . .	460,5	17,94	82,41	390,9	—	—	—	—
60 kg Stickstoff + Phosphorsäure + Kali . .	448,6	18,43	82,60	314,8	481,8	17,78	85,68	450,8
Nur Phosphorsäure + Kali	355 8	18,53	65,65	181,4	445,2	18,40	81,88	283,5
Durch 90 kg Stickstoff	**+104,7**	**− 0,59**	**+16,76**	**+209,5**	—	—	—	—
„ 60 „ „	**+92,8**	**− 0,10**	**+16,95**	**+133,4**	**+36,6**	**−0,62**	**+3,80**	**+167,3**

Demnach waren da, wo die Rüben nicht in Stallmist standen, durch 60 kg Stickstoff pro Hektar (2 Ztr. Salpeter pro Morgen) 92,8 dz Wurzeln erzeugt, während die gleiche Stickstoffdüngung da, wo die Rüben 200 dz Stalldünger auf 1 ha (100 Ztr. pro Morgen) erhalten hatten, nur 36,6 dz Wurzeln erzeugt hatte. Im ersteren Falle hatten sich die 60 kg Stickstoff sehr gut rentiert, im zweiten Falle absolut nicht, denn die hier durch 60 kg Stickstoff erzeugten 36,6 dz Wurzeln hätten schon bequem mit 30 kg Stickstoff pro Hektar (1 Ztr. Salpeter pro Morgen) erzeugt werden können. Weiter zeigen die Zahlen, daß die hohe Düngung von 90 kg Stickstoff pro Hektar (3 Ztr. Salpeter pro Morgen) auch auf den Mineralparzellen eine zu hohe war. Zwar wurden durch die höhere Stickstoffgabe noch etwas mehr Wurzeln und Kraut geerntet, der prozentische Zuckergehalt wurde aber durch die höhere Stickstoffgabe derartig herabgedrückt, daß mit dieser pro Hektar nicht mehr Zucker erzeugt wurde wie mit der niedrigeren Stickstoffgabe.

Hiernach ist für den dortigen Boden als richtige Stickstoffdüngung für nicht in Stallmist gebaute Rüben 4 dz Salpeter pro Hektar (2 Ztr. pro Morgen), für in Stallmist gebaute 2 dz Salpeter pro Hektar (1 Ztr. pro Morgen) anzusprechen.

Kartoffeln. (Siehe Zahlen S. 288.)

Hier hatten 40 kg Stickstoff pro Hektar da, wo die Kartoffeln nicht in Stalldünger angebaut waren, 22,7 dz Knollen, da, wo sie in Stalldünger angebaut waren, die Ernte nicht gesteigert, im Gegenteil direkt schädlich gewirkt. Der prozentische Stärkegehalt der Kartoffeln war hier derartig erniedrigt worden,

Kartoffeln.

	Ohne Stalldünger			200 dz Stalldünger		
	Knollen dz	Stärke %	Stärke dz	Knollen dz	Stärke %	Stärke dz
60 kg Stickstoff + Phosphorsäure + Kali	227,6	16,53	37,74	—	—	—
40 „ „ + „ +	219,7	16,77	36,84	261,4	15,50	40,83
Nur Phosphorsäure + Kali	197,0	16,58	32,83	262,3	16,20	42,88
Durch 60 kg Stickstoff	**+ 30,6**	**— 0,05**	**+ 4,91**	—	—	—
„ 40 „ „	**+ 22,7**	**+ 0,19**	**+ 4,01**	**— 0,9**	**— 0,70**	**— 2,05**

daß infolge der Stickstoffdüngung weniger Stärke erzeugt wurde als ohne Stickstoffdüngung. Die höhere Stickstoffgabe von 60 kg Stickstoff pro Hektar (2 Ztr. Salpeter pro Morgen) hatte auf den Mineralparzellen den Knollenertrag noch etwas gesteigert, nicht aber die Stärkemengen, worauf es ankommt.

Hiernach gebraucht die Kartoffel auf dem dortigen Boden neben 200 dz eines guten Stalldüngers pro Hektar (100 Ztr. pro Morgen) keinen Zuschuß von Stickstoff, während sie in dem Falle, wo sie ohne Stalldünger angebaut wird, eine Stickstoffdüngung notwendig hat, die aber in Anbetracht des dortigen sehr tätigen Bodens und der günstigen Beschaffenheit, welche der Kartoffelacker zeigt, nur sehr gering zu sein braucht. 20 kg Stickstoff pro Hektar (10 Pfd. pro Morgen) gleich $^1/_2$ Ztr. Ammoniak oder $^2/_3$ Ztr. Salpeter reichen auch hier aus.

Weizen nach Kartoffeln.

	Vorfrucht ohne Stalldünger		Vorfrucht 200 dz Stalldünger	
	Körner dz	Stroh dz	Körner dz	Stroh dz
60 kg Stickstoff + Phosphorsäure + Kali	39,49	80,70	—	—
40 „ „ + „ + „	38,28	77,81	40,05	93,14
Nur Phosphorsäure + Kali	34,62	63,20	40,56	75,61
Durch 60 kg Stickstoff	**+ 4,87**	**+ 17,50**	—	—
„ 40 „ „	**+ 3,66**	**+ 14,61**	**— 0,51**	**+ 17,53**

Hier hatten 40 kg Stickstoff pro Hektar da, wo der Weizen nach nicht in Stalldünger gebauten Kartoffeln stand, 3,66 dz Körner erzeugt; da, wo er nach in Stalldünger gebauten Kartoffeln angebaut war, eine Mehrernte an Körnern nicht hervorgerufen. Die höhere Stickstoffgabe von 60 kg Stickstoff pro Hektar hatte auch auf den Mineralparzellen keine nennenswerte Steigerung mehr hervorgerufen.

Hiernach braucht der Weizen auf dem dortigen Boden, wenn er nach in Stalldünger gebauten Kartoffeln steht, gar keinen Zuschuß von Stickstoff, während als zweckmäßige Düngung für ihn, da, wo er nach nicht in Stalldünger gebauten Kartoffeln steht, eine solche von 20 kg Stickstoff pro Hektar ($^1/_2$ Ztr.

schwefelsaures Ammoniak oder $^3/_4$ Ztr. Salpeter pro Morgen) angesprochen werden kann.

Gerste nach Zuckerrüben.

	Vorfrucht ohne Stalldünger		Vorfrucht 200 dz Stalldünger	
	Körner dz	Stroh dz	Körner dz	Stroh dz
40 kg Stickstoff + Phosphorsäure + Kali	35,75	47,06	—	—
20 „ „ + „ + „	30,23	37,79	36,55	49,93
Nur Phosphorsäure + Kali	23,93	28,79	30,59	41,27
Durch 40 kg Stickstoff	+ 11,82	+ 18,27	—	—
„ 20 „ „	+ 6,30	+ 9,00	+ 5,96	+ 8,66

Aus diesen Zahlen geht hervor, daß die Gerste auf dem dortigen Boden nach in Stallmist gebauten Zuckerrüben eine Stickstoffdüngung von 20 kg Stickstoff pro Hektar ($^1/_2$ Ztr. schwefelsaures Ammoniak pro Morgen), nach nicht in Stallmist gebauten Zuckerrüben eine Stickstoffdüngung von 40 kg Stickstoff pro Hektar (1 Ztr. schwefelsaures Ammoniak pro Morgen) lohnt.[1])

Diese Beispiele zeigen deutlich, in welcher Weise die Stickstoffdüngung von einer Stallmistdüngung abhängig zu machen ist. Es muß also der Stalldünger die Grundlage für alle weiteren Stickstoffdüngungen bilden.

In derselben Weise ist die Gründüngung zu berücksichtigen. Bei vorzüglich geratener Gründüngung haben meist nur noch die anspruchsvollen Rüben einen Zuschuß von Stickstoff notwendig, während das Stickstoffbedürfnis aller anderen Pflanzen durch eine gut geratene Gründüngung meist gedeckt wird. (S. Gründüngung Seite 250.)

Die Form der Stickstoffdüngung.

Was die **Stickstofformen** betrifft, so nimmt man nach vielseitigen Erfahrungen zweckmäßig die Stickstoffdüngung bei den einzelnen Feldfrüchten folgendermaßen vor:

1. Den Rüben gebe man den Stickstoff immer möglichst in Form von Salpeter. Nur bei sehr hohen Stickstoffgaben, wie sie in Frage kommen, wenn die Rüben nicht in Stallmist stehen, ist, um eine Verkrustung des Bodens durch hohe Salpetergaben zu vermeiden, eine kombinierte Düngung von Ammoniak und Salpeter zu empfehlen. Das Ammoniak ist immer vor oder bei der Bestellung zu geben und als Ammoniak-Superphosphat anzuwenden, während der Salpeter bei der kombinierten Düngung später als Kopfdünger zu verabreichen ist.

2. Den Kartoffeln kann man den Stickstoff ebenso gut in Form von Ammoniak wie Salpeter geben. In Lagen, wo die Kartoffel leicht zu Krank-

[1]) 40 kg Stickstoff haben nach in Stalldünger gebauten Rüben nach anderen Versuchen nicht mehr geleistet als 20 kg Stickstoff.

heiten neigt, ist Ammoniak vorzuziehen. Auch in bezug auf Geschmack und Haltbarkeit der Kartoffeln verdient die Anwendung von Ammoniak den Vorzug.

3. Der Gerste gebe man, wenn man gute Braugerste gewinnen will, den Stickstoff nicht in Form von Salpeter, sondern in Form von Ammoniak.

4. Der Hafer ist dankbar für den Salpeter, verwertet aber im allgemeinen auch gleich gut das Ammoniak.

5. Bei Wintergetreide (Roggen und Weizen) ist in den meisten Fällen die Hauptsache eine recht zeitige und sinngemäße Frühjahrs-Kopfdüngung mit Salpeter, besonders beim Roggen. Die hohe Steigerung der Roggenernten, so wie sie statistisch festgestellt ist, ist zum großen Teil darauf zurückzuführen, daß man es in letzter Zeit erst gelernt hat, den Roggen im Frühjahr richtig mit Salpeter zu versorgen. Eine Herbstdüngung soll nur dann stattfinden, wenn zwingende Gründe hierzu vorliegen. Dies ist der Fall 1. wenn es darauf ankommt, das Wintergetreide noch für das Wachstum im Herbst zu kräftigen, 2. wenn Krankheitserscheinungen, speziell Befall des Weizens, zu befürchten sind. Im ersteren Falle genügen 10—12 kg Ammoniakstickstoff pro Hektar (5—6 Pfd. pro Morgen), welche man entweder als Ammoniak oder auch als Salpeter geben kann. Im zweiten Falle, also da, wo Krankheitserscheinungen die Anwendung von Salpeter im Frühjahr verbieten, gebe man 20—40 kg Ammoniakstickstoff pro Hektar (10—20 Pfd. pro Morgen). Eine solche größere Herbst-Ammoniakdüngung kann nur für bessere Böden in Frage kommen, für leichtere Böden ist sie fortgeworfenes Geld.

In allen den Fällen, wo Ammoniak am Platze ist, kann auch Kalkstickstoff zur Verwendung kommen, allerdings nicht im Gemisch mit Superphosphat.

2. Die Phosphorsäuredünger.

a) Das Superphosphat.

Der Vater der Superphosphatfabrikation ist J. v. Liebig. Er beobachtete, daß die Phosphorsäure des Knochenmehls viel besser wirkt, wenn die letztere mit Schwefelsäure behandelt wird und er hat dann auch die Fabrikation von Superphosphat aus der Theorie in die Praxis mit übergeleitet. Die Anfänge der Deutschen Superphosphatindustrie finden wir in den 50er Jahren des vorigen Jahrhunderts. Bis zum Jahre 1862 dienten in Deutschland als Ausgangsmaterial für die Superphosphatfabrikation Knochenmehl, Knochenkohle und Knochenasche. Von den in der Natur abgelagerten Phosphaten wurde dann im Jahre 1861 als erster der Bakerguano auf Superphosphat verarbeitet. Von da ab flossen die verschiedensten Rohphosphate, teils echten mineralischen, teils halbmineralischen, teils organischen Ursprungs in die Superphosphatfabrikation

Die nachfolgende Zusammenstellung von M. Ullmann zeigt, zu welchen Zeiten und aus welchen Erdteilen die Phosphate nach Deutschland importiert wurden bezw. werden:

1860/61 Baker-, Jarvis-, Howland-Guano,

1863 Sombrero-Phosphat,

1864 Lahnphosphorit in Deutschland gefördert,

1865 Malden-Guano, Guanophosphat von Enderbury-Island, Starbuck-Island und anderen australischen Inseln, Caceres-Phosphat, Phosphorit von Lagrosan, Estremadura, ferner Apatit aus Canada und Norwegen,
1866 Navassa-Phosphat,
1868 Süd-Carolina-Phosphat,
1870/71 Mejillones-Guano,
1871 Knochenasche vom La Plata,
1872 Curaçao-Phosphat,
1874 Raza-Phosphat,
1878 Laurentia-Apatit,
1881 Aruba-Phosphat,
1886 Somme-Phosphat,
1892 Florida-Phosphat,
1896 Tennessee-Phosphat,
1896 Algier-Phosphat,
1899 Tunis-Phosphat,
1900 Christmas-Phosphat,
1902 Ozean-Island und Pleasand-Island-Phosphat,
1910 Angaur-, Nauru-, Palau-Phosphat,
1913 Curaçao-Phosphat von neuem.

Auch in Deutschland hat man nach Phosphaten gesucht und auch gefunden. Es gehören dorthin die kleinen Ablagerungen von Koprolithen und Phosphoriten, unter denen namentlich die an der Lahn eine Zeitlang Bedeutung hatten. Seit mehr denn 25 Jahren kommen aber die gesamten Phosphate über See herein. Die größte Bedeutung haben heute die Phosphate der Vereinigten Staaten (von Florida und den Karolinen), von Nordafrika (Algier und Tunis), Belgien, Frankreich, Deutsch-Australien, dem australischen Bund, Christmas- und Südseeinseln. Es betrug nach dem Statistischen Jahrbuche für das Deutsche Reich der Verbrauch in Deutschland im Jahre 1912:

Einfuhr Summa	9028440 dz
Vereinigte Staaten von Amerika . . .	3426460 „
Algier	1907480 „
Tunis	1152060 „
Belgien	630110 „
Frankreich	406860 „
Australischer Bund	492480 „
Christmas-Inseln usw.	520160 „
Dt.-Neuguinea	442580 „
Ausfuhr	70320 „

Demnach beträgt jetzt der Verbrauch an Rohphosphaten in Deutschland rund 9 Millionen Doppelzentner, welche einen Wert von rund 45 Millionen Mark repräsentieren.

Der Weltverbrauch[1]) gestaltete sich für das Jahr 1911 folgendermaßen:

Phosphate aus den Vereinigten Staaten	ca.	31000000 dz
„ „ Tunis	„	16500000 „
„ „ Algier	„	3800000 „
„ „ Belgien	„	1200000 „
„ „ Frankreich	„	2000000 „
„ „ der Südsee	„	4500000 „
„ „ verschiedener Herkunft	„	1500000 „
Gesamtverbrauch	ca.	60500000 dz

Die Vereinigten Staaten von Nordamerika sind also zweifellos die Hauptlieferanten von Rohphosphaten, und zwar handelt es sich dabei hauptsächlich um Florida-Phosphate, die einen Gehalt von etwa 76—78 % dreibasisch phosphorsaurem Kalk haben. An zweiter Stelle stehen die nordafrikanischen Länder Algier und Tunis, deren Phosphate mit einem Gehalt von 62—68 % in den Handel gebracht werden. Die sehr hochprozentigen Südseephosphate, zu denen auch die Phosphate unserer deutschen Inseln Angaur, Nauru und Palau gehören, finden wegen der sehr großen Frachten von der Südsee nach den europäischen Häfen leider immer mehr und mehr Absatz in Japan und Australien selbst, doch ist mit Ablauf des Jahres 1913 ein anderes hochprozentiges Phosphat, das Curaçao-Phosphat, wieder für Deutschland auf dem Markte erschienen und dieses dürfte in einigen Jahren hier eine bedeutende Rolle spielen.

Beschäftigten sich bis zum Jahre 1863 nur wenige Fabriken mit der Herstellung von Superphosphat, so gab es im Jahre 1893 88 Superphosphatfabriken, im Jahre 1913 ungefähr ebenso viele. Dabei sind im Laufe der Zeit einige eingegangen, andere hinzugekommen. An Produktion sind aber sämtliche Werke gestiegen. Es betrug der Verbrauch in der Deutschen Landwirtschaft an Superphosphat einschließlich der Mischdünger nach M. Hoffmann:

1890	5000000 dz
1900	7549437 „
1910	12670600 „
1912	16406000 „

Demnach werden jetzt seitens der Deutschen Landwirtschaft verbraucht rund 16½ Millionen dz Superphosphat im Werte von 98 Millionen Mark.

Der technische Betrieb der Superphosphatfabrikation.[2])

Zunächst werden die Rohphosphate zerkleinert. Diese Zerkleinerung erfolgte früher auf dem Steinbrecher bezw. auf der Walzenmühle und dann auf dem Koller- oder Mahlgange, jetzt aber fast ausschließlich in Mühlen der verschiedensten Konstruktionen. Der Steinbrecher kommt immer dann in Tätigkeit, wenn das Material für die betreffende Mühle zu grobstückig ist. Das auf den

[1]) Nach Mitteilung von K. Klamroth, Halberstadt.

[2]) Näheres hierüber „Die chemische Düngerindustrie" von L. Schucht. Braunschweig, Verlag F. Vieweg & Sohn. 1906.

Markt kommende Phosphat muß in Hinsicht auf eine gute Mahlbarkeit trocken sein; Florida-Phosphat darf z. B. nicht mehr als 2% Feuchtigkeit enthalten, während z. B. Algierphosphat mit 4—6% Wasser noch gut mahlbar sein kann. Nasse Phosphate müssen vor der Mahlung gedarrt werden. Das Aufschließen des gemahlenen Phosphates geschieht dadurch, daß man dasselbe in einem bestimmten Verhältnis mit Schwefelsäure in einem Kessel mischt und den entstandenen dünnen Brei in Kammern fließen läßt, wo die Umsetzung vor sich geht und die flüssige Masse zu Superphosphat erstarrt. Die Umsetzung erfolgt nach folgender Gleichung:

$$(PO_4)_2\,Ca_3 + 2\,SO_4H_2 + 5\,H_2O = (PO_4)_2\,CaH_4\,.\,H_2O + 2\,(SO_4Ca\,.\,2\,H_2O)$$

Trikalzium-phosphat der Rohphosphate + 2 Mol. Schwefelsäure + 5 Mol. Wasser = Monokalziumposphat + 2 Mol. Gips

Superphosphat

Es entsteht also auf diese Weise lösliches Monokalziumphosphat und Gips. Der auskristallisierende Gips bewirkt ein Erstarren der Mischung, wodurch das Superphosphat eine verarbeitungsfähige Form erhält. Bei einer ungenügenden Menge von Schwefelsäure bildet sich mehr oder weniger Dikalziumphosphat, bei überschüssiger Schwefelsäure freie Phosphorsäure. Ungünstig ist der Gehalt der Phosphate an Eisenoxyd und Tonerde und zwar insofern, als durch diese Bestandteile die löslich gemachte Phosphorsäure zum Teil wieder unlöslich gemacht wird (Zurückgehen der wasserlöslichen Phosphorsäure). Es gelten schon mehr als 3% Eisenoxyd + Tonerde im Phosphat für schädlich und solches Rohmaterial wird für gewöhnlich nicht gekauft.

Das entstandene Superphosphat muß frisch aus der Kammer gefahren werden; man läßt es nicht gern länger als einen Tag darin, damit es noch mindestens eine Temperatur von 100° C. aufweist. Andernfalls kondensiert sich der Wasserdampf in den Poren der Ware, wodurch letztere naß wird und sich schlecht verarbeitet. Hauptbedingung ist, daß das Superphosphat trocken ist, was nur selten gleich beim Aufschluß erreicht wird; man ist gezwungen, die Ware entweder durch Darren — Entfernung eines Teils des hygroskopischen Wassers — oder durch Neutralisieren — Bindung eines Teils der freien Säure — zu trocknen.

Das Superphosphat wird nach wasserlöslicher Phosphorsäure gehandelt. Hochprozentige Phosphate enthalten 16—20%, im Mittel 18% wasserlösliche Phosphorsäure. Man kaufe möglichst hochprozentige Superphosphate, da die niedrigprozentigen Superphosphate aus minderwertigen Rohphosphaten mit viel Eisen und Tonerde hergestellt werden und deshalb leichter die Phosphorsäure in ihnen zurückgeht.

Die Wirkung des Superphosphates.

Hinsichtlich der Schnelligkeit der Wirkung steht das Superphosphat von allen phosphorsäurehaltigen Düngemitteln obenan, da es die Phosphorsäure in

wasserlöslicher Form enthält und, so weit dieselbe in dieser Form im Boden verbleibt, direkt von den Pflanzenwurzeln aufgenommen werden kann. Dies geschieht aber nur zu einem kleineren Teile, da die lösliche Phosphorsäure im Boden auf Kalk-, Magnesia-, Eisen- und Tonerde-Verbindungen stößt und mit diesen eine in Wasser unlösliche Form eingeht. In allen Böden, welche genügende Mengen von kohlensaurem Kalk aufweisen und nicht besonders reich an Eisenoxyd und Tonerde sind, bildet sich nun aber glücklicherweise Dikalziumphosphat, welches in sehr feiner Form niedergeschlagen wird und auf lange Zeit eine gute Wirksamkeit behält.

Daß das Superphosphat auf solchen Böden auf lange Jahre wirksam bleibt, beweisen z. B. Vegetationsversuche, welche der Verfasser mit D. Meyer anstellte. Für diese Versuche wurde ein humoser Lößlehmboden mit ca. 1% Kalk verwandt, der bereits mehrere Jahre keine Phosphorsäuredüngung erhalten hatte und deshalb eine gute Reaktion zeigte. Die Versuche gelangten in der Weise zur Ausführung, daß einerseits 2 g Phosphorsäure für 1 Gefäß als einmalige Gabe (Vorratsdüngung) verabfolgt wurden, während eine andere Versuchsreihe eine jährliche Gabe von 0,5 g Phosphorsäure erhielt. Während einer vierjährigen Versuchsdauer erhielten also beide Versuchsreihen gleiche Phosphorsäuremengen. Als Versuchspflanze für die beiden ersten Versuchsjahre diente Hafer, für die weiteren Versuchsjahre Senf und für 1909 Buchweizen. Letztere Pflanzen wurden besonders aus dem Grunde gewählt, um mehrere Ernten gewinnen und dadurch die Ausnutzung der Phosphorsäure steigern zu können. Zum Vergleich mit Superphosphat wurde Thomasmehl geprüft.

Im ersten Versuchsjahre lieferte die Vorratsgabe beim Superphosphat und Thomasmehl einen höheren Ertrag als die kleine (jährliche) Gabe. Es betrug die Mehrernte an Körnern pro Gefäß:

	1. Jahr	
	Superphosphat Körner g	Thomasmehl Körner g
0,5 g Phosphorsäure (jährliche Gabe)	+ 10,08	+ 7,33
2,0 g „ (Vorratsdüngung)	+ 15,11	+ 11,12

Diese Überlegenheit der hohen Phosphorsäuregabe ist im zweiten Jahre keineswegs mehr vorhanden. Es wurde an Körnern mehr geerntet:

	2. Jahr	
	Superphosphat Körner g	Thomasmehl Körner g
0,5 g Phosphorsäure (jährliche Gabe)	+ 13,48	+ 10,05
2,0 g „ (Vorratsdüngung)	+ 12,32	+ 10,03

Wie im ersten Jahre, so hatte auch im zweiten Jahre das Superphosphat zu Hafer eine günstigere Wirkung als das Thomasmehl gezeigt.

Nun der Senf in den beiden nächsten Versuchsjahren. Es wurde im 3. und 4. Versuchsjahr an Trockensubstanz mehr geerntet:

	3. + 4. Jahr	
	Superphosphat Tr.-Subst. g	Thomasmehl Tr.-Subst. g
0,5 g Phosphorsäure (jährliche Gabe)	+ 64,6	+ 64,0
2,0 g „ (Vorratsdüngung)	+ 63.7	+ 64,3

Die Wirkung der Phosphorsäure-Vorratsdüngung war nicht nur beim Thomasmehl, sondern auch beim Superphosphat eine ausgezeichnete. Es wurde in beiden Fällen derselbe hohe Mehrertrag erzielt, als bei der schwächeren, jährlich wiederholten Düngung. Die Wirkung von Superphosphat und Thomasmehl war hier die gleiche, während in den beiden ersten Jahren das Superphosphat zu Hafer günstiger gewirkt hatte.

Für die weiteren 3 Jahre handelt es sich bei allen Versuchsreihen nur noch um die Nachwirkung, die sich folgendermaßen gestaltete. Es betrug die Mehrernte (Senf + Buchweizen = Trockensubstanz):

	5.—7. Jahr	
	Superphosphat Tr.-Subst. g	Thomasmehl Tr.-Subst. g
0,5 g Phosphorsäure (jährliche Gabe)	+ 73,3	+ 82,4
2,0 g „ (Vorratsdüngung)	+ 68,6	+ 80,8

Die einmalige Vorratsgabe hatte sowohl beim Thomasmehl wie auch beim Superphosphat im 5.—7. Jahre fast denselben Mehrertrag gebracht wie die in den vorhergehenden 4 Jahren gegebene jährliche Phosphorsäuremenge.

Während der ersten 4 Jahre wurden an Phosphorsäure aufgenommen:

	Phosphorsäureaufnahme: 1.—4. Jahr	
	Superphosphat P_2O_5 g	Thomasmehl P_2O_5 g
0,5 g Phosphorsäure (4 × jährliche Gabe)	0,73	0,51
2,0 g „ (Vorratsdüngung)	0,83	0,58

Die Vorratsdüngung hatte bei beiden Düngemitteln den Pflanzen somit eine größere Phosphorsäuremenge geliefert als die jährliche Gabe. Die Mehraufnahme beträgt beim Superphosphat 0,10 g, beim Thomasmehl 0,07 g. Für die folgenden 3 Jahre erhalten wir das umgekehrte Bild. Es wurden an Phosphorsäure aufgenommen:

	5.—7. Jahr	
	Superphosphat P_2O_5 g	Thomasmehl P_2O_5 g
0,5 g Phosphorsäure (4 × jährliche Gabe)	0,54	0,54
2,0 g „ (Vorratsdüngung)	0,47	0,46

In Summa wurden aufgenommen:

	1.—7. Jahr			
	Superphosphat P_2O_5 g	Thomasmehl P_2O_5 g	Superphosphat P_2O_5 %	Thomasmehl P_2O_5 %
0,5 g Phosphorsäure (4 × jährliche Gabe) . .	1,27	1,05	63,5	52,5
2,0 g „ (Vorratsdüngung) . . .	1,30	1,04	65,0	52,0

Es wurden somit im Mittel von 7 Jahren an Phosphorsäure aus der Düngung aufgenommen: beim Superphosphat 64,3%, beim Thomasmehl 52,3%.

Im Anschluß an diese Versuche wurden auf demselben Boden Versuche in der Weise ausgeführt, daß gleiche Mengen von Phosphorsäure längere oder kürzere Zeit vor der Bestellung gegeben und gleichzeitig Präzipitat geprüft wurde. Die Düngung wurde für diese Versuche niedrig bemessen; es wurden pro Gefäß nur 0,3 g Phosphorsäure gegeben. Die erste Düngung erfolgte im Herbst 1904, die zweite im Frühjahr 1905, die dritte im Herbst 1905 und die vierte im Frühjahr 1906. Gleichzeitig mit der letzten Phosphorsäuredüngung wurde die Grunddüngung gegeben und sodann die Bestellung gleichzeitig vorgenommen. Der Zeitraum zwischen der ersten und letzten Phosphorsäuredüngung beträgt somit 1½ Jahr. Als Versuchspflanze diente in beiden Jahren Senf.

Beim Superphosphat und Präzipitat zeigte die 1½ Jahr vor der Bestellung gegebene Phosphorsäure eine etwas schwächere, beim Thomasmehl hingegen eine etwas bessere Wirkung als die unmittelbar vor der Bestellung gegebene.

Es betrug die Mehrernte an Trockensubstanz:

	Düngung		
	Superphosphat Tr.-Subst. g	Präzipitat Tr.-Subst. g	Thomasmehl Tr.-Subst. g
Frühjahr 1906	29,8 = 100,0	28,2 = 100,0	21,8 = 100,0
Herbst 1905	30,1 = 101,0	28,4 = 100,7	22,4 = 102,8
Frühjahr 1905	27,9 = 93,6	27,6 = 97,9	22,6 = 103,7
Herbst 1904	24,9 = 83,6	24,9 = 88,3	23,7 = 108,7

Wenn der durch die unmittelbar vor der Bestellung gegebene Phosphorsäuredüngung erzielte Mehrertrag = 100 gesetzt wird, so betrug die Wirkung der ein Jahr vor der Bestellung gegebenen Phosphorsäure beim Superphosphat 93,6, beim Präzipitat 97,9 und beim Thomasmehl 103,7, der der 1½ Jahr vor der Bestellung gegebenen Phosphorsäure beim Superphosphat 83,6, beim Präzipitat 88,3 und beim Thomasmehl 108,7. Bei 1½ Jahre langer Lagerung im Boden hatte das Superphosphat demnach 16,4%, das Präzipitat 11,7% an Wirksamkeit verloren, wohingegen das Thomasmehl eine etwas bessere Wirkung zeigte. Dieses Ergebnis entspricht durchaus der Form der Phosphorsäure in

den verschiedenen Düngemitteln. Die wasserlösliche Phosphorsäure des Superphosphats unterliegt am leichtesten dem Schicksal des Unlöslichwerdens durch die Bestandteile des Bodens.

Dieser Versuch bestätigt somit die Ergebnisse des 1. Versuches. Beide Versuche zeigen, daß auf einem Boden mit gutem Kalk- und geringem Gehalte an Eisen- und Tonerde die Wirksamkeit der gegebenen löslichen Phosphorsäure noch für eine Reihe von Jahren eine gute bleibt. Wiederholte und stärkere Düngungen mit Superphosphat werden daher derartige Böden mit wirksamer Phosphorsäure anreichern.

Aus diesen Versuchen geht mit aller Bestimmtheit hervor, daß in Böden mit einem guten Kalkgehalt, aber geringem Gehalt an Eisen und Tonerde, nicht nur die Thomasmehlphosphorsäure, sondern auch die Superphosphatphosphorsäure auf eine lange Reihe von Jahren ihre Wirksamkeit behält. Hierfür spricht auch die Erfahrung in der Praxis. Böden, welche reichliche Mengen von Superphosphat erhalten haben, zeigen auf lange Zeit kein Phosphorsäuredüngungsbedürfnis. Anders verhalten sich Böden, welche reich sind an Eisen und Tonerde und besonders dann, wenn sie geringe Mengen von kohlensaurem Kalk aufweisen. In solchen Böden verliert die Phosphorsäure des Superphosphats bald an Wirksamkeit. Der Verfasser hat Versuche nach dieser Richtung hin eingeleitet.

Das Superphosphat eignet sich besonders:

1. Für alle besseren und schweren Bodenarten, auf welchen die schwerer löslichen Phosphorsäureformen, Thomasmehl, Knochenmehl usw. eine zu langsame Lösung erfahren. Saure Moorböden oder Wiesen mit Superphosphat zu düngen, ist unwirtschaftlich, da man hier mit dem billigeren Thomasmehl nicht nur die gleichen, sondern meist bessere Erfolge erzielt.

2. Für schnellwachsende, stark produzierende Pflanzen, besonders für Rüben. Die Rüben verlangen in frühester Jugend schnell nach einer leicht aufnehmbaren Phosphorsäure, wie es die Superphosphat-Phosphorsäure ist. Aus diesem Grunde düngt man die Rüben zweckmäßig nicht nur auf den besseren Böden, sondern auch auf den leichteren Böden mit Superphosphat. Jedenfalls tut man gut, auf den leichten Böden wenigstens einen Teil der Phosphorsäure in Form von Superphosphat zu geben.

3. Als Kopfdünger.

Ammoniaksuperphosphat und andere Superphosphatgemische.

Das Superphosphat wird zu einem großen Teil nicht als reines Superphosphat, sondern in Form von Mischdüngern gehandelt. Nach dieser Richtung hin kommt in erster Linie in Frage das Ammoniak-Superphosphat, welches ein Gemisch von Superphosphat und schwefelsaurem Ammoniak darstellt. Vorzugsweise kommen in den Handel Ammoniak-Superphosphate mit 9% Stickstoff und 9% Phosphorsäure, mit 6% Stickstoff und 12% Phosphorsäure und mit 5%

Stickstoff und 10% Phosphorsäure, daneben auch noch verschiedene andere Mischungen. Die Anwendung von Ammoniakstickstoff und Superphosphat-Phosphorsäure ist in Form der Ammoniak-Superphosphate nicht nur bequem, sondern auch deshalb zu empfehlen, als das Ammoniak in dieser Form geringere Verluste im Boden erleidet, da es durch das saure Phosphat gebunden wird. Allerdings zeigen die Nährstoffe (Stickstoff und Phosphorsäure) in diesen Mischungen einen höheren Preis, den man jedoch mit in den Kauf nehmen muß. Da der Landwirt meist nicht in der Lage ist, sich ein gutes inniges Gemisch selbst herzustellen, so überläßt er die Mischung am besten den Fabriken. Außer den Ammoniak-Superphosphaten kommen noch Gemische von Superphosphat mit Salpeter, mit organischem Stickstoff und auch mit Kali in den verschiedensten Mischungsverhältnissen (auch zusammen mit Ammoniak) in den Handel. (S. Allgemeine Bestimmungen beim Handel mit chemischen Düngemitteln der Superphosphat-Industrie.) Diese Mischungen haben aber eine geringe Bedeutung.

b) Doppel-Superphosphat.

Die Fabrikation des Doppel-Superphosphates erfolgt in der Weise, daß man zuerst aus minderwertigen Phosphaten mit der nötigen Menge von Schwefelsäure Phosphorsäure herstellt und mit dieser dann an Stelle von Schwefelsäure hochprozentige Phosphate aufschließt. Die bei der ersten Operation gewonnene lösliche Phosphorsäure wird von dem unlöslichen Gips, dem Eisenoxyd, den Tonerdeverbindungen usw. auf mechanische Weise getrennt und erst hiernach zum Aufschließen der hochprozentigen Phosphate verwandt. Das Doppel-Superphosphat enthält ca. 40% wasserlösliche Phosphorsäure und 5% unlösliche Phosphorsäure, welch letztere aus 3,5% Dikalziumphosphatphosphorsäure besteht. Wird Doppel-Superphosphat nur nach wasserlöslicher Phosphorsäure gehandelt, so erhält man das nicht wasserlösliche Dikalziumphosphat, welches aber auch von hoher Wirksamkeit ist, umsonst. Das Doppel-Superphosphat kann bei weiten Entfernungen in Frage kommen, läßt sich aber in den geringen Mengen, wie es bei seinem hohen Prozentgehalt an Phosphorsäure zur Anwendung kommen muß, schlecht auf dem Acker verteilen; es wird auch nur wenig gehandelt.

Allgemeine Bestimmungen beim Handel mit chemischen Düngemitteln der Superphosphat-Industrie.

Die nachstehenden Bestimmungen beim Handel mit chemischen Düngemitteln der Superphosphat-Industrie sind in Anlehnung an die ermittelten Gepflogenheiten in gemeinsamen Beratungen des Ausschusses für Handelsgebräuche (Deutscher Landwirtschaftsrat, Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft, Bund der Landwirte, Reichsverband der deutschen landwirtschaftlichen Genossenschaften, Vereinigung der christlich-deutschen Bauernvereine, Verband landwirtschaftlicher Versuchsstationen im Deutschen Reich) und dem Verein Deutscher

Dünger-Fabrikanten vereinbart worden. Sie gelten für den Kauf und Verkauf von Düngemitteln der Superphosphat-Industrie in den Fällen, in denen nicht anderweitige Vereinbarungen bestehen.

§ 1.

Kein Düngemittel darf bei ordnungsmäßiger Anwendung pflanzenschädlich sein, der Verkäufer leistet dafür Gewähr.

§ 2.

1. Beim Verkauf eines Düngemittels ist dessen Gehalt an wertbestimmenden Pflanzennährstoffen dem Käufer schriftlich anzugeben.
2. Außerdem sind alle Säcke oder das sonstige statt der Säcke verwendete Verpackungsmaterial des Düngemittels in geeigneter Weise mit einer Bezeichnung zu versehen, aus der der Name des Lieferwerkes oder des Verkäufers und der Prozent-Gehalt des Düngemittels an wertbestimmenden Pflanzennährstoffen ersichtlich ist.
3. Diese Bezeichnungen haben zu lauten:
   I. Für Superphosphat (unvermischt) = Superphosphat.
   II. Für Mischdünger:
   a) Für Ammoniak-Superphosphat . . . . . = Am. Sup.
   b) Für Superphosphat mit organischem Stickstoff = Org. St. Sup.
   c) Für Mischungen von Ammoniak-Super. mit organ. Stickstoff . . . . . = Am. Org. St. Sup.
   d) Für Salpeter-Superphosphat . . . . . = Salp. Sup.
   e) Für Ammoniak-Salpeter-Superphosphat. . = Am. Salp. Sup.
   f) Für Ammoniak-Salpeter-Superphosphat mit organischem Stickstoff . . . . . = Am. Salp. Org. St. Sup.

   Bei kalihaltigen Mischdüngern ist der Gehalt an reinem, wasserlöslichem Kali mit K zu bezeichnen.
4. Der Gehalt an Phosphorsäure wird so bezeichnet, daß die Zahl hinter Ph den Prozentgehalt an wasserlöslicher Phosphorsäure bezeichnet; falls weitere, nicht wasserlösliche Phosphorsäure garantiert wird, so wird ihr Prozentgehalt der ersten Zahl mittels eines Pluszeichens angefügt (z. B. Ph 13 + 2 = 13% wasserlösliche Phosphorsäure und 2% nicht wasserlösliche Phosphorsäure).

   Bei Mischdüngern wird der Gehalt an Stickstoff, wasserlöslicher Phosphorsäure und Kali ziffermäßig in dieser Reihenfolge bezeichnet, z. B.:

   Ammoniak-Superphosphat mit 9% Stickstoff und 9% wasserlösl. Phosphorsäure . . . . . = Am. Sup. 9 + 9.

   Kali-Salpeter-Superphosphat mit 5% Stickstoff, 10% wasserlösl. Phosphorsäure und 2% Kali . . . . = Salp. Sup. K. 5 + 10 + 2.

   Ammoniak-Salpeter-Superphosphat mit organischem Stickstoff mit 3% Ammoniakstickstoff, 2% Salpeter-Stickstoff, 1% organischem Stickstoff und 10% wasserlöslicher Phosphorsäure . . . . . = Am. Salp. Org. St. Sup. 3 + 2 + 1 + 10.

§ 3.

1. Für den Gehalt der Düngemittel an wertbestimmenden Bestandteilen leistet der Verkäufer Gewähr.
2. Beim Kauf nach fest vereinbarten Nährstoffprozenten erstreckt sich die Gewährleistung auf diese Prozente mit der Maßgabe, daß sie als erfüllt gilt, wenn Ware geliefert ist, deren Gehalt nach dem endgültig festgestellten Untersuchungsergebnis um nicht mehr als

   0,25% von den vereinbarten Nährstoffprozenten Stickstoff,
   und 0,50 „ „ „ „ „ Phosphorsäure,
   „ 0,50 „ „ „ „ „ Kali

   (Lieferungsspielraum, auch Lieferungslatitüde genannt) nach unten abweicht.
3. Übersteigt der sich nach der endgültigen Feststellung ergebende Mindergehalt eines Düngemittels die als Lieferungsspielraum bezeichneten Zahlen, so hat der Käufer Anspruch auf Vergütung für den vollen, an dem gewährleisteten Gehalte fehlenden Anteil des betreffenden Nährstoffes.
4. Gleichzeitiger Mindergehalt an anderen Nährstoffen desselben Düngemittels, welcher innerhalb des Lieferungs-Spielraums liegt, bleibt vergütungsfrei.
5. Gleichzeitiger Mehrgehalt an anderen Nährstoffen desselben Düngemittels — und zwar der Mehrgehalt an Stickstoff bis 0,6%, an wasserlöslicher Phosphorsäure bis zu 1,2% und an Kali bis zu 1,2% — ist gegen Mindergehalte aufzurechnen.
6. Beim Kauf von Superphosphaten nach Analysenausfall darf der Unterschied zwischen dem vereinbarten Mindest- und Höchstgehalt 2% nicht überschreiten. Der durch die Untersuchung des Lieferwerks gefundene Gehalt an wasserlöslicher Phosphorsäure wird zunächst in Rechnung gestellt. Wird durch die endgültige Untersuchung ein Mindergehalt festgestellt, so ist dieser zwischen Käufer und Verkäufer zu verrechnen, ein Mehrgehalt ebenfalls, wenn dies zwischen Käufer und Verkäufer vereinbart ist. Ein Mehr an wasserlöslicher Phosphorsäure über den vereinbarten Höchstgehalt darf nicht in Rechnung gestellt werden.
7. Mischdünger werden nur nach fest vereinbarten Nährstoffprozenten verkauft.
8. Der Käufer kann Anspruch auf Rücknahme, Ersatzlieferung oder Vergütung des doppelten Fehlbetrages geltend machen
   a) wenn bei Kauf von reinem Superphosphat nach fest vereinbarten Nährstoffprozenten der endgültig ermittelte Gehalt mehr als 1% wasserlöslicher Phosphorsäure unter dem fest vereinbarten Gehalte oder bei Kauf nach Analysenausfall mehr als 1% wasserlöslicher Phosphorsäure unter dem berechneten Gehalt bleibt,
   b) wenn bei Kauf von Mischdüngern nach fest vereinbarten Nährstoffprozenten der Mindergehalt mehr als 0,75% Stickstoff oder 1% wasserlösliche Phosphorsäure oder 1,5% Kali beträgt.
9. Die Berechnung der zu leistenden Vergütung erfolgt in allen diesen Fällen dem Kaufpreis gemäß. Ist bei Mischdüngern im Kaufvertrage ein bestimmtes

Wertverhältnis für Stickstoff, Phosphorsäure und Kali nicht vereinbart, so gilt das Verhältnis von Kali zu Phosphorsäure zu Stickstoff wie 1:1:4.

§ 4.

Alle sofort erkennbaren Mängel des gelieferten Düngemittels sind bei Verlust des Entschädigungsanspruches innerhalb 5 Werktagen nach Empfang der Ware dem Verkäufer anzuzeigen.

§ 5.

1. Die Feststellung des Gehaltes an gewährleisteten Pflanzennährstoffen geschieht durch eine dem Verbande landwirtschaftlicher Versuchsstationen im Deutschen Reiche angehörige Anstalt und nach den von diesem Verbande aufgestellten Untersuchungsmethoden.
2. Der Verkäufer gewährt dem Käufer auf jede Sendung von 200 Ztr. Düngemitteln einerlei, ob es sich um eine oder mehrere Sorten handelt, eine kostenfreie Untersuchung für eine Sorte.

§ 6.

Voraussetzung für den Anspruch auf kostenfreie Untersuchung seitens des Käufers ist die genaue Erfüllung nachstehender Probenahmevorschrift und die Einsendung der erforderlichen Proben an diejenige dem Verbande landwirtschaftlicher Versuchsstationen angehörende Versuchsstation, welche der Verkäufer zur Ausführung der Untersuchung mit dem Käufer vereinbart hat.

Unerhebliche Abweichungen von der Vorschrift bei der Probennahme, die deren Beweiskraft nicht beeinträchtigen, sind nicht in Betracht zu ziehen.

Auf Erfordern des Verkäufers sind auch Proben an diesen oder an das Lieferwerk einzusenden.

Verlangt der Käufer Ersatz der Untersuchungskosten, so hat der Verkäufer das Recht, den Nachweis der erfolgten Untersuchung zu fordern.

§ 7.

Den Anspruch auf Vergütung eines Mindergehaltes, soweit nur ein solcher erhoben werden soll, hat der Käufer geltend gemacht, wenn er das Untersuchungszeugnis längstens binnen 3 Werktagen nach dessen Empfang an den Verkäufer abgesandt hat. Sollen dagegen weitergehende Ansprüche — Rücknahme, Ersatzlieferung oder Vergütung des doppelten Fehlbetrages — erhoben werden, so bedarf es ihrer ausdrücklichen Geltendmachung innerhalb derselben Frist.

Wenn nach Analysenausfall verkauft ist, hat der Käufer das Untersuchungszeugnis binnen 3 Tagen nach dessen Empfang an den Verkäufer einzusenden.

§ 8.

1. Wird das Ergebnis der Untersuchung vom Verkäufer beanstandet, so hat eine zweite Untersuchung zu erfolgen.

2. Für diese zweite Untersuchung dient die aus der Probenahme des Käufers stammende zweite Probe, sofern nicht nach ausdrücklicher Übereinkunft zwischen dem Lieferanten oder Verkäufer und dem Käufer an deren Stelle ein durch einen vereidigten Probenehmer bei Abgang der Ware auf dem Lieferwerke vorschriftsmäßig nach der unten stehenden Probenahmevorschrift gezogenes Muster dazu dienen soll.

   In beiden Fällen ist die zweite Untersuchung von der Versuchsstation auszuführen, die die erste ausgeführt hat, sofern nicht eine andere vereinbart ist.

3. Als vereidigte Probenehmer im Sinne dieser Bestimmungen gelten nur öffentlich angestellte und auf ihre Sachkenntnis geprüfte Personen, die von den Handelskammern oder diesen ähnlichen Vertretungen des Handels und der Industrie, möglichst im Einvernehmen mit den Landwirtschaftskammern oder diesen ähnlichen landwirtschaftlichen Körperschaften, angestellt und in ihren Dienst angewiesen sind.

4. Ist für die zweite Untersuchung die zweite aus der Probenahme des Käufers stammende Probe die maßgebende, so haben in allen Fällen, in denen die Richtigkeit dieser Probenahme beanstandet wird, der Lieferant oder Verkäufer und der Käufer das Recht, eine zweite gemeinsame Probenahme zu fordern, und eine dieser gemeinsam entnommenen Proben zur zweiten Untersuchung sofort an die dafür bestimmte Versuchsstation einzusenden.

5. War der Dünger bei Eingang des Antrages auf erneute gemeinsame Probenahme schon ausgestreut, so gelangt, sofern für die zweite Untersuchung ein Muster aus der Probenahme eines vereidigten Probenehmers zur Verfügung gestellt werden kann, nur dieses zur Untersuchung. Hat dagegen eine Probenahme durch einen vereidigten Probenehmer nicht stattgefunden, so ist allein das zweite Muster aus der Probenahme des Empfängers zu untersuchen.

6. Die Probeziehung durch geeignete wissenschaftliche Beamte einer dem Verbande angehörenden Versuchsstation gilt für alle erforderlichen Untersuchungen als maßgebend.

7. Das Ergebnis der zweiten Untersuchung ist für die verträgliche Abrechnung maßgebend, sofern nicht § 9 in Betracht kommt.

8. Die Kosten der zweiten Untersuchung trägt der Verkäufer:
   a) wenn der Befund das Ergebnis der ersten Untersuchung bestätigt oder darunter auskommt,
   b) wenn der Befund der Nachuntersuchung den beanstandeten Befund der ersten Untersuchung nicht überschreitet um
      0,25 % Stickstoff oder
      0,50 % Phosphorsäure oder
      0,50 % Kali.

9. In allen anderen Fällen gehen die Kosten dieser Nachuntersuchung zu Käufers Lasten.

Beispiele:

	Garantie	Ergebnis der I. Untersuchung	Ergebnis der II. Untersuchung	Die Analysenkosten trägt der	Die zweite Untersuchung ergibt: Entschädigungspflicht
Superphosphat	18 %	17,4 %	17,5 %	Verkäufer	nicht vorhanden
„	18 %	17,4 %	17,8 %	„	„ „
„	18 %	17,4 %	18,0 %	Käufer	„ „
„	18 %	17,4 %	17,4 %	Verkäufer	für 0,6 % P_2O_5
„	18 %	17,4 %	17,3 %	„	für 0,7 % P_2O_5
Am. Sup.	9 + 9	8,6 + 8,8	8,75 + 8,85	„	nicht vorhanden
„	9 + 9	8,6 + 8,8	8,84 + 8,70	„	„ „
„	9 + 9	8,6 + 8,8	8,88 + 8,80	Käufer	„ „
„	9 + 9	8,6 + 8,8	8,60 + 8,80	Verkäufer	für 0,4 % N
„	9 + 9	8,6 + 8,8	8,86 + 8,40	„	für 0,6 % P_2O_5

§ 9.

1. Bei erheblichen Abweichungen des Ergebnisses der zweiten Untersuchung von dem gewährleisteten Gehalte, nämlich sofern diese

bei Stickstoff . . . . . mehr als 0,40 %,
„ Phosphorsäure . . . . . mehr als 0,75 %,
„ Kali . . . . . mehr als 0,75 %

betragen, kann bei derjenigen Versuchsstation, welche die zweite Untersuchung ausgeführt hat, eine nochmalige Prüfung beantragt werden.

2. Die Versuchsstation gibt diesem Antrage dadurch Folge, daß sie das Restmuster in zwei Teile teilt und die eine Hälfte an eine von ihr, die andere Hälfte an eine vom Antragsteller zu wählende, dem Verbande angehörende landwirtschaftliche Versuchsstation einsendet.
3. Das Mittel dieser Untersuchungen ist für die Abrechnung endgültig maßgebend.
4. Die Kosten dieser Untersuchungen fallen dem Antragsteller zur Last, wenn das gefundene Mittel von dem Ergebnis der zweiten Untersuchung um nicht mehr als 0,20 % bei Stickstoff, 0,30 % bei Phosphorsäure, 0,30 % bei Kali (Analysenspielräume, auch chemische Latitüde genannt) nach oben abweicht.

Beispiele:

	Gehalt	Zweite Untersuchung	Revisionsergebnis	Die Kosten der Revisionsanalyse trägt:	Die Revisionsanalyse ergibt: Entschädigungspflicht
Superphosphat	18 %	17,20 %	17,55 %	Die nachgeprüfte Versuchsstation	nicht vorhanden
„	18 %	17,20 %	17,10 %	Antragsteller	für 0,9 % P_2O_5
„	18 %	17,20 %	17,20 %	„	für 0,8 % P_2O_5
Am. Sup.	9 + 9	8,59 + 8,80	8,86 + 8,80	Die nachgeprüfte Versuchsstation	nicht vorhanden
„	9 + 9	8,59 + 8,80	8,79 + 8,80	Antragsteller	„ „
„	9 + 9	8,59 + 8,80	8,55 + 8,80	„	für 0,45 N

§ 10.

Das Ergebnis der Untersuchungen kann im Prozeßwege nicht angefochten werden, soweit nicht eine fehlerhafte Probeziehung (§ 6 Abs. 2) von einem der Beteiligten behauptet werden kann.

§ 11.

Probenahmevorschrift.

1. Die Probenahme aus einer Sendung hat nach deren Ankunft auf der Entladestation oder am Empfangsorte unverzüglich durch den Käufer oder durch dessen Stellvertreter zu erfolgen. Sie geschieht unter Mitwirkung eines mit diesen Bedingungen bekannt zu machenden geeigneten Zeugen. Die Probenahme durch einen vereidigten Probenehmer erfolgt bei Abgang der Sendung von dem Lieferwerke.
2. Die Probenahmezeugnisse sind im ersten Falle von dem Zeugen mit zu unterzeichnen; im zweiten von dem vereidigten Probenehmer allein zu unterzeichnen.
3. Die Probenahme ist in folgender Weise auszuführen:

   Von jeder Ladung ist aus dem Innern (nicht von oben) eines jeden zehnten Sackes eine Probe zu nehmen. Feucht gewordene oder sonst beschädigte Säcke sind dabei auszuschließen. Diese Proben sind auf reiner und trockener Unterlage innig zu mischen, etwaige Klümpchen zu zerdrücken und aus dieser Mischung drei gleiche Durchschnittsmuster im Gewichte von wenigstens je 250 g zu bilden. Diese drei Muster sind alsdann durch den Probenehmer — ist dies der Käufer oder sein Stellvertreter, in Gegenwart des Zeugen, — in reine, innen ganz trockene Glas- oder Tongefäße zu füllen, mit Glasstöpsel oder Kork luftdicht zu verschließen und zu versiegeln, sofort mit Inhaltsangabe, Waggonnummer und Datum zu versehen. Proben unter 250 g und ungenügend (z. B. in Papierbeutel, Blechdosen oder feuchte Flaschen) verpackte Proben sind unzulässig.

   Gehen bei einer Versuchsstation trotzdem solche unzulässigen Proben ein, so hat sie den Einsender sofort auf die Unzulässigkeit hinzuweisen. Wird trotzdem die Untersuchung verlangt, so sind die Mängel im Untersuchungszeugnisse anzugeben.
4. Gleichzeitig mit der Probenahme ist ein Zeugnis auszufertigen, in dem anzugeben ist:

   Waggonnummer, Lieferant, Ort und Tag des Abgangs und der Ankunft, Menge, Sorte, Gehalt und Zahl der Säcke, aus denen eine Probe entnommen wurde, sowie Art des Probegefäßes. Dieses Zeugnis muß sofort bei der Probenahme unterzeichnet werden. Ohne dieses Probenahmezeugnis haben die Muster für die Untersuchung keine Gültigkeit.
5. Als Probenahmezeugnis kann auch das nach folgender Vorschrift des Vereins Deutscher Dünger-Fabrikanten befestigte Anhängeschild betrachtet werden:

   Durch die Öse des Anhängeschildes wird ein Bindfaden gezogen und zu einem einfachen Knoten geschlungen. Der Bindfaden wird darauf um den Hals des Glases gelegt und dort wieder zu einem einfachen Knoten ver-

schlungen; die Bindfadenenden werden nun über den offnen Hals des Glases gelegt und das Glas derart mit dem Kork verschlossen, daß die Bindfadenenden unter dem Kork hindurchlaufen und auf der Seite, an welcher das Anhängeschild hängt, wieder hervorsehen. Die hervorstehenden Bindfadenenden werden dann auf dem Kork mit angesiegelt. Der Siegellack muß über den Rand des Probeglases hinausgehen und der Siegelabdruck darf nicht allein auf dem Kork sein, sondern muß über den Kork hinaus zum Teil auf dem Glasrande sich befinden, so daß es unmöglich wird, das Glas zu öffnen, ohne den Siegelabdruck zu verletzen. Das Öffnen des Probeglases erfolgt, ohne vorher den Bindfaden zu zerschneiden, mit dem Korkzieher.

Dadurch bleibt das Anhängeschild sowie der Kork mit Siegel an der Flasche dauernd befestigt; auch kann ohne Zerschneiden des Fadens der Kork zum Verschluß der Flasche wieder benutzt werden.

6. Ein Recht auf Einsichtnahme des Probenahmezeugnisses hat sowohl der Verkäufer oder das Lieferwerk, wie auch der Käufer.
7. Eine der Proben nebst dem Probenahmezeugnis ist unverzüglich nach der Probenahme zur Untersuchung an die dem Verbande landwirtschaftlicher Versuchsstationen im Deutschen Reiche angehörende Versuchsstation abzusenden, auf die sich Käufer und Verkäufer vereinbart haben.

c) Das Präzipitat.

Das Präzipitat enthält die Phosphorsäure als Dikalziumphosphat $(PO_4)_2 Ca_2 H_2$. Es wurde zuerst nur gewonnen als Nebenprodukt der Leimfabrikation. Das reine arsen- und fluorfreie Produkt mit 36—40% zitronensäurelöslicher Phosphorsäur wird hauptsächlich als Knochenfuttermehl verwandt.

Später erfolgte die Herstellung des Präzipitats auch aus Phosphaten und hauptsächlich aus solchen, welche sich zur Herstellung von Superphosphat weniger eignen. Die Herstellung aus Phosphaten erfolgt durch Zersetzung von Salzsäure:

1. Direkt:

$$(PO_4)_2 Ca_3 + 2\,ClH = (PO_4)_2 Ca_2 H_2 + Cl_2 Ca$$

Trikalziumphosphat + 2 Mol. Salzsäure — Dikalziumphosphat (Präzipitat) + Chlorkalzium.

2. Indirekt, indem zuerst eine Monokalziumphosphatlösung hergestellt und dann so viel Kalk zugesetzt wird, daß Dikalziumphosphat entsteht:

a) $$(PO_4)_2 Ca_3 + 4\,ClH = (PO_4)_2 Ca H_4 + 2\,Cl_2 Ca$$

Trikalziumphosphat + 4 Mol. Salzsäure — Monokalziumphosphat + 2 Mol. Chlorkalzium

b) $$(PO_4)_2 Ca H_4 + CaO = (PO_4)_2 Ca_2 H_2 + H_2O$$

Monokalziumphosphat + Kalk — Dikalziumphosphat (Präzipitat) + Wasser.

Bei der Zugabe von Kalk (Kalkmilch) ist Vorsicht geboten, da schon bei einem kleinen Kalküberschuß Trikalziumphosphat $(PO_4)_2Ca_3$ entsteht, dessen Bildung vermieden werden muß. Man fügt in der Praxis nur soviel Kalk hinzu, daß die Flüssigkeit noch schwach sauer reagiert und zieht sie nach erfolgter Klärung vom Präzipitat ab. Das Präzipitat wird durch Filterpressen filtriert und dann bei 60° C. getrocknet, da es bei höherer Temperatur schwerer löslich wird.

Das Präzipitat, auch präzipitiertes Superphosphat genannt, wird nach Zitrat- oder Zitronensäurelöslichkeit gehandelt und enthält durchschnittlich 40% zitronensäurelösliche Phosphorsäure.

Das Präzipitat zeigt fast dieselbe Wirkung wie das Superphosphat; es stellt ja auch die Form der Phosphorsäure dar, welche die Superphosphatphosphorsäure sehr bald im Boden annimmt. Auf sauren Bodenarten und auf kalkarmen Sandböden dürfte das Präzipitat dem Superphosphat gegenüber den Vorzug verdienen, während man auf den besseren Bodenarten meist zweckmäßiger Superphosphat anwenden wird.

d) Das Thomasmehl.

Das Thomasmehl wird als Nebenprodukt der Stahlfabrikation gewonnen. Die Eisenerze enthalten unter anderen Nebenbestandteilen auch Phosphor, welcher das Eisen kaltbrüchig macht und deshalb entfernt werden muß. Früher ließ sich der Phosphor nur sehr unvollkommen aus dem Eisen entfernen und es mußten, da die deutschen Eisenerze mehr oder weniger stark phosphorhaltig sind, alle Eisen- und Stahlerzeugnisse, die Anspruch auf eine gute Qualität erheben wollten, aus England und Schweden bezogen werden, wo zum Verhütten phosphorarme Erze zur Verfügung standen. Da auf einmal änderte sich die Sache, als im Jahre 1879 ein Engländer, Namens Thomas, durch ein neues Verfahren die Entphosphorung des Eisens glatt ermöglichte. Seit dieser Zeit liefern die mehr oder weniger stark phosphorhaltigen deutschen Erze nicht nur guten Stahl, sondern als Nebenprodukt der Stahlfabrikation auch eine reichliche Menge von wertvoller phosphorsäurereicher Thomasschlacke. Die Entfernung des Phosphors und der anderen Verunreinigungen, welche das im Hochofen hergestellte Roheisen noch aufweist, erfolgt nach dem Thomasprozeß in einem birnenförmigen Konvertergefäß, einem kippbaren Eisenbehälter mit durchlöchertem Boden von 15—20 und mehr Tonnen Inhalt. Durch diesen Boden wird nach Füllung des Gefäßes mit dem flüssigen Roheisen Luft hindurch geblasen und hierdurch werden die Verunreinigungen verbrannt und in die Schlacke gebracht.

Die Thomasbirne unterscheidet sich von der Bessemerbirne im wesentlichen nur durch die innere Auskleidung, das Futter, das bei Bessemer aus quarzitischen, d. i. sauren Steinen bestand, bei Thomas aber basisch gewählt wurde. Durch basische Zuschläge (Kalk) entsteht sodann bei dem Thomasprozeß eine stark basische kalkreiche Schlacke. Beim Durchblasen von Luft durch das geschmolzene Eisen verbrennt der Phosphor zu Phosphorsäure, was eine gewaltige Hitze, wohl von 2000° C. erzeugt, und die Phosphorsäure wird von der kalkreichen Schlacke als

phosphorsaurer Kalk aufgenommen; dann wird die auf dem flüssigen Stahl obenauf schwimmende Schlacke abgegossen und kommt nach dem Erkalten in die Mahlwerke.

Die Mahlung[1]) der Thomasschlacke zu einem mehlfeinen Pulver, so einfach dies aussehen könnte, hatte anfangs fast unüberwindlich erscheinende Schwierigkeiten. Es lag dies daran, daß die erkaltete Schlacke ganz außerordentlich hart ist und überdies Eisenstücke enthält. In der ersten Zeit blieb sie nun längere Zeit bis ein Jahr und mehr auf den Schlackenhalden an der Luft und im Regen liegen und wurde dadurch mürber und leichter mahlbar. Hierbei löschte nämlich der in der Schlacke vorhandene feinstverteilte Ätzkalk sich ab, dehnte sich aus und sprengte so die Schlacke in ihre feinsten Teile auseinander.

Aber auch wenn die Schlacke durch Liegen vorgelockert war, waren die Schwierigkeiten der Mahlung noch lange nicht am Ende. In der Schlacke verteilt befinden sich größere und kleinere Eisenstücke, die die Mahlung stark störten. Anfangs geschah die Mahlung auf Kollergängen und unter Mühlsteinen, und diese schweren Steine konnten die harten, zähen Eisenteile nur zum Teil plattdrücken, aber nicht zermahlen. Dabei stolperten die Steine, die ganze Anlage geriet in Unordnung oder mindestens erreichten doch die Schlackenteile nicht die gehörige Feinheit. Kein Wunder, daß dabei ganze Mühlenanlagen bankerott zu werden drohten. Den Übelständen suchte man durch Vorzerkleinern mit Steinbrechern, durch Ausklauben der Eisenteile mit der Hand und mit dem Magneten abzuhelfen, und noch heute werden neue Patente genommen auf die Entfernung des Eisens aus dem Schlackengut.

Eine durchgreifende Besserung in dem Mahlverfahren trat erst ein, nachdem die Löhnertschen und später die Grusonschen Kugelmühlen mit Hartguß-Stahlkugeln dafür eingeführt waren. Eine sich drehende Trommel enthält eine große Anzahl härtester Stahlkugeln; in die Trommel hinein werden die vorher grob zerkleinerten Schlackenstücke gebracht und zwischen den fallenden Kugeln zu Staub zermalmt. Durch feine Siebe wird erreicht, daß alle gröberen Teile zurückbleiben.

Auch davon, mit dem Zermahlen erst lange zu warten, mußte man schon bald zurückkommen, denn die Schlackenhalden der ersten Jahre waren sehr schnell aufgearbeitet, und schon längst gibt es keine alten Thomasschlackenhalden mehr. Sobald heute die Schlacke erkaltet, fest geworden ist, wird sie vom Schlackenwagen gestürzt, der Klotz wird erst mit schweren Hämmern zertrümmert und kommt aus dem Steinbrecher zur Kugelmühle. Ein untergebundener Sack nimmt das Mehl auf, eine automatische Wage sorgt für richtiges Gewicht der Füllung. Infolge des unausgesetzten fürsorglichen Strebens der Fabrikanten für die Arbeiterwohlfahrt ist es auch in hohem Maße gelungen, durch gut lüftende Entstäubungsanlagen den bei der Thomasschlackenmüllerei auftretenden Staub zu beseitigen und dadurch reine Luft in den Mühlen zu schaffen.

---

[1]) Nach H. Dubbers-Berlin.

Die Zusammensetzung der Thomasschlacken wechselt erheblich, da das Rohmaterial eine sehr wechselnde Zusammensetzung aufweist.

Fleischer stellte bei zahlreichen Untersuchungen folgende Grenz- und Mittelzahlen fest:

	Im Minimum %	Im Maximum %	Im Mittel %
Phosphorsäure	11,39	22,97	17,25
Kalk	38,00	58,91	48,29
Magnesia	1,14	8,10	4,89
Eisenoxydul	5,86	18,00	9,44
Eisenoxyd	1,91	7,00	3,78
Tonerde	0,14	3,70	2,04
Manganoxydul	0,55	5,62	3,91
Schwefel	0,05	1,41	0,49
Schwefelsäure	0,00	1,00	0,22
Kieselsäure	2,70	12,90	7,96

Hiernach schwankte der Phosphorsäuregehalt der Thomasmehle außerordentlich, zwischen 11,4 und 23,0%. Auch die anderen Bestandteile, von denen uns als wertvollster der Kalk interessiert, zeigen erhebliche Schwankungen.

Die Phosphorsäure des Thomasmehls, welche nach neueren Untersuchungen der Hauptmenge nach ein Tetrakalziumphosphat darstellt, ist nicht wasserlöslich, wohl aber wird der bei weitem größte Teil der Thomasmehl-Phosphorsäure schon durch ganz verdünnte schwache Säuren, wie z. B. verdünnte Zitronensäure oder Weinsäure und auch durch Kohlensäure, in Lösung gebracht. Ursprünglich handelte man das Thomasmehl nach Gesamtphosphorsäure und Feinmehl, später auf Vorschlag P. Wagners nach seinem Löslichkeitsgrad in zitronensaurem Ammoniak (Zitratlöslichkeit) und seit 1898 nach demjenigen in 2prozent. Zitronensäure (Zitronensäurelöslichkeit), welch letztere, wie zuerst Wagner durch Vegetationsversuche feststellte, uns einen besonders guten Ausdruck für den relativen Wirkungswert des Thomasmehls gibt.

Um zu sehen, ob auch für die heutigen Thomasmehle die 2prozent. Zitronensäure noch als Wertmesser angesehen werden kann, sind in den letzten Jahren seitens einer ganzen Reihe von Versuchsstationen neue zahlreiche Vegetationsversuche über die Wirkung der Thomasmehl-Phosphorsäure angestellt worden, die demnächst zusammen veröffentlicht werden sollen. Von den Versuchen, welche der Verfasser mit D. Meyer und F. Münter nach dieser Richtung hin anstellte, sei der folgende herausgegriffen. Es wurden bei diesem Versuch, bei welchem einerseits die Phosphorsäure als Gesamtphosphorsäure, andererseits als zitronensäurelösliche Phosphorsäure geprüft wurde, folgende Mehrerträge festgestellt:

Boden: 90 % Sand, 10 % Lößlehm.
Versuchspflanze: Raigras.

a) Nach Gesamtphosphorsäure angesetzt, pro Gefäß 0,3442 g.

Thomasmehl	Zitronensäure-löslichkeit %	Mehrertrag an Trockensubstanz in 2 Jahren pro Gefäß g	Aus den Thomasmehlen aufgenommene Phosphorsäure pro Gefäß g
1	97,9	45,4	0,146
2	96,7	43,4	0,148
3	87,2	43,1	0,130
4	85,7	44,1	0,130
5	83,9	42,0	0,118
6	80,4	42,6	0,117
7	79,8	40,9	0,110
8	78,2	36,7	0,125
9	76,9	39,5	0,109
10	71,2	34,9	0,104
11	61,5	33,1	0,101
12	41,9	22,7	0,066
13	35,3	21,1	0,065

b) Nach zitronensäurelöslicher Phosphorsäure angesetzt, pro Gefäß 0,3 g.

Thomasmehl	Zitronensäure-löslichkeit %	Mehrertrag an Trockensubstanz in 2 Jahren pro Gefäß g	Aus den Thomasmehlen aufgenommene Phosphorsäure pro Gefäß g
1	97,9	38,9	0,127
2	96,7	44,8	0,156
3	87,2	41,1	0,144
4	85,7	37,4	0,124
5	83,9	40,2	0,122
6	80,4	44,1	0,137
7	79,8	40,8	0,122
8	78,2	39,2	0,120
9	76,9	38,8	0,118
10	71,2	41,4	0,130
11	61,5	41,3	0,147
12	41,9	42,0	0,162
13	35,3	42,4	0,143

Der Versuch zeigt, daß uns der Gehalt an Gesamtphosphorsäure keinen Ausdruck gibt für die Wirkung der Thomasmehle, denn die Mehrernten schwanken bei Verabfolgung von gleichen Mengen von Gesamtphosphorsäure zwischen 21,1 und 45,4 g. Wohl aber steht mit den erzielten Mehrernten im großen und ganzen der Gehalt der Thomasmehle an zitronensäurelöslicher Phosphorsäure im Einklang:

Gleiche Mengen von Gesamtphosphorsäure:

Thomasmehl	Zitronensäurelöslichkeit	Mehrertrag an Trockensubstanz pro Gefäß	Aus den Thomasmehlen aufgenommene Phosphorsäure pro Gefäß
	%	g	g
1— 4	98—86	44,0	0,139
5— 9	84—77	40,3	0,116
10—11	71—62	34,0	0,103
12—13	42—35	21,9	0,066

Demnach hatten also gleiche Mengen von Gesamtphosphorsäure eine ganz verschiedene Wirkung gezeigt. Die Wirkung sinkt mit Abnahme der Zitronensäurelöslichkeit der Thomasmehle. Thomasmehle mit 71—62 % zitronensäurelöslicher Phosphorsäure hatten einen Mehrertrag geliefert der um ein Viertel, Thomasmehle mit nur 42—35 % zitronensäurelöslicher Phosphorsäure einen solchen, welcher um die Hälfte niedriger liegt als der, welcher durch Thomasmehle mit 98—86 % zitronensäurelöslicher Phosphorsäure erzielt wurde. Mit diesen Mehrerträgen stehen auch im Einklang die Phosphorsäureaufnahmen.

Die zweite Zusammenstellung (b) zeigt, daß diesem Versuchsergebnis entsprechend, gleiche Mengen von zitronensäurelöslicher Phosphorsäure den gleichen, wenigstens ungefähr den gleichen Mehrertrag erzeugen und den Pflanzen auch die gleichen Mengen von Phosphorsäure liefern.

Gleiche Mengen von zitronensäurelöslicher Phosphorsäure.

Thomasmehle	Mehrertrag an Trockensubstanz pro Gefäß	Aus den Thomasmehlen aufgenommene Phosphorsäure pro Gefäß
	g	g
1— 4	40,6	0,138
5— 9	40,6	0,124
10—11	41,4	0,139
12—13	42,2	0,153

Eine mathematische Übereinstimmung ist natürlich bei allen solchen Versuchen nicht vorhanden, kann auch nicht zu erwarten sein. Wohl berechtigt aber dieser, sowie auch die anderen nach dieser Richtung hin ausgeführten Versuche, zu dem Schluß, daß uns die Zitronensäurelöslichkeit einen sehr guten Maßstab für die Wirkung der Thomasmehle abgibt.

Seitdem der Handelsmodus nach zitronensäurelöslicher Phosphorsäure eingeführt wurde, war es eifriges Bestreben der Fabrikanten, ihre Produkte zu verbessern und Thomasmehle von höchster Zitronensäurelöslichkeit herzustellen. Durch Zusatz von Kieselsäure gelang es, wie zuerst Dubbers nachwies, die Zitronensäurelöslichkeit der Phosphorsäure in hohem Maße zu steigern und damit äußerst wirksame Produkte herzustellen, so daß die früher vorgekommenen schlechten Produkte fast vollständig vom Markte verschwunden sind. Während es früher Thomas-

mehle mit 60 bis herab zu 40 % zitronensäurelöslicher Phosphorsäure gab, kommen solche heutzutage nicht mehr vor. Man kann annehmen, daß die jetzigen Thomasmehle einen durchschnittlichen Löslichkeitsgrad von 85 % aufweisen. Thomasmehle mit 95 % zitronensäurelöslicher Phosphorsäure und darüber gehören jetzt nicht zu Seltenheiten.

Neuere Untersuchungen von Popp[1]), welche derselbe mit 12 Thomasmehlen ausführte, gaben folgende Durchschnittszahlen:

	Gesamt %	zitronensäurelöslich %
Phosphorsäure	18,49	17,62
Kieselsäure	8,83	6,93
Eisen	12,67	4,60
Kalk	45,21	37,30
Manganoxydul	6,44	3,52

Diese Zahlen zeigen, in welch hohem Maße die Phosphorsäure der jetzigen Thomasmehle zitronensäurelöslich ist.

Durchschnittlich enthalten die jetzigen Thomasmehle 16—18% zitronensäurelösliche Phosphorsäure.

Aus den Untersuchungen von Popp geht auch die hohe Löslichkeit des Kalkes hervor. Der Kalk ist im Thomasmehl, soweit er nicht in Form von Ätzkalk und leicht löslichem phosphorsaurem Kalk vorhanden ist, als stark basischer leicht löslicher kieselsaurer Kalk enthalten, in welch letzterer Form der Kalk ebenfalls eine ausgezeichnete Wirkung zeigt. Wir führen also dem Boden durch das Thomasmehl nicht nur Phosphorsäure zu, sondern auch eine nicht unerhebliche Menge von gut wirksamem Kalk. (S. hierzu S. 308.)

Der Verbrauch an Thomasmehl seitens der deutschen Landwirtschaft ist von Jahr zu Jahr stark gestiegen. Er betrug nach Angaben des Vereins der Thomasmehlfabriken:

1885 . . .	50000	dz
1890 . . .	4000000	„
1895 . . .	7000000	„
1900 . . .	9000000	„
1905 . . .	14000000	„
1910 . . .	18000000	„
1912 . . .	22000000	„
1913 . . .	24000000	„

Die Wirkung des Thomasmehls.

Das Thomasmehl zeigt eine weniger schnelle Wirkung wie das Superphosphat, welch letzteres ja die Phosphorsäure in wasserlöslicher Form enthält. Dagegen steigert sich die Wirkung des Thomasmehls noch oft in dem nächsten

[1]) Landw. Versuchsstationen 1912.

oder den späteren Jahren, während das Superphosphat später zwar noch eine gute, aber doch etwas schwächere Wirkung als zu Anfang zeigt (s. S. 293). Die Pflanzen vermögen im allgemeinen in dem ersten Vegetationsjahr dem Thomasmehl nicht soviel Phosphorsäure zu entnehmen, als dem Superphosphat; es wird aber die Thomasmehl-Phosphorsäure von der Pflanze haushälterischer verwertet als die Superphosphat-Phosphorsäure, d. h. eine gleiche Menge von aufgenommener Thomasmehl-Phosphorsäure erzeugt etwas mehr Pflanzensubstanz, wie eine gleiche Menge von aufgenommener Superphosphat-Phosphorsäure. Nach dieser Richtung hin ist das Thomasmehl mit dem schwefelsauren Ammoniak, das Superphosphat mit dem Chilesalpeter zu vergleichen. Eine allgemeine Wirkungszahl für das Thomasmehl im Vergleich zum Superphosphat anzugeben, ist nicht möglich. Es gibt Verhältnisse, unter welchen das Superphosphat erheblich besser wirkt als das Thomasmehl, es gibt aber auch Verhältnisse, wo das Thomasmehl ebenso gut wirkt oder eine bessere Wirkung zeigt, als das Superphosphat. Das erstere ist z. B. der Fall bei allen besseren Böden, wo das Superphosphat als Phosphorsäuredünger bei den meisten Kulturpflanzen mehr leistet als das Thomasmehl. Das letztere ist z. B. der Fall bei sauren Böden und kalkarmen Sandböden, wo sich das Thomasmehl dem Superphosphat gegenüber meist als überlegen zeigt.

So wurden z. B. von Wagner bei einem auf einem kalkarmen Sandboden ausgeführten Feldversuch folgende Mehrerträge festgestellt:

Kalkarmer Sandboden.

Mehrerträge pro Hektar:

Durch Superphosphat	+ 12 dz	Weizenkörner	+ 4 dz Haferkörner
„ Thomasmehl	+ 13 „	„	+ 5 „ „

Es hatte also hier auf dem kalkarmen Sandboden, wo sich das Thomasmehl verhältnismäßig schnell zersetzt und auch der in ihm enthaltene Kalk günstig wirkt, noch etwas besser abgeschnitten als das Superphosphat. Vergleichende Versuche, welche der Verfasser mit seinen Mitarbeitern auf dem Sandboden der Versuchswirtschaft Groß-Lübars anstellt, scheinen dies voll und ganz zu bestätigen.[1])

Pflanzen mit einem hohen Lösungsvermögen, wie die Leguminosen, vermögen auch auf besserem Boden die Thomasmehl-Phosphorsäure ebenso gut zu verwerten als die Superphosphat-Phosphorsäure. So wurden z. B. bei Luzerne auf dem Lößlehmboden der Versuchswirtschaft Lauchstädt folgende Mehrerträge gewonnen:

Lößlehmboden.

Mehrerträge pro Hektar:

Durch Superphosphat	+ 14,7 dz	Luzerneheu
„ Thomasmehl	+ 15,9 „	„

[1]) Die dortigen Versuche sind noch nicht abgeschlossen, so daß über dieselben noch nicht zahlenmäßig berichtet werden soll.

Die Leguminosen scheinen also auf dem besseren Boden eine Ausnahme zu machen.

Die hohe Nachwirkung, welche das Thomasmehl zeigt, möge noch ein Beispiel veranschaulichen. Wagner[1]) stellte bei einer Vorratsdüngung von 800 kg Thomasmehl pro Hektar folgende Mehrerträge fest:

1890	+ 7,5	dz Heu
1891	+ 23,0	„ „
1892	+ 26,0	„ „
1893 (sehr trocken)	+ 14,4	„ „
1894	+ 29,3	„ „
1895	+ 13,1	„ „
1896	+ 10,6	„ „
1897	+ 9,2	„ „
1898	+ 5,7	„ „
Summa:	138,8	dz Heu

Dieses Beispiel zeigt die lange Nachwirkung des Thomasmehls.

Das Thomasmehl eignet sich besonders:

1. Für saure Moorböden und Wiesenböden.

2. Für kalkarme Sandböden. Auf diesen Böden, welche eine gute Durchlüftung zeigen, erfährt das Thomasmehl eine hinreichend schnelle Zersetzung und zeigt damit eine vorzügliche Wirkung. Es spielt auch hier der Kalk des Thomasmehls eine Rolle; das Kalkbedürfnis der Kulturpflanzen wird auf diesen Bodenarten durch das Thomasmehl nahezu gedeckt. Nach mehrseitigen praktischen Beobachtungen zeigen Sandböden, welche eine langjährige reichliche Thomasmehldüngung erhielten, kein Kalkbedürfnis mehr.

3. Für Kulturpflanzen mit einem hohen Lösungsvermögen. Nach dieser Richtung hin kommen die Leguminosen in Frage, speziell Klee, Luzerne, Esparsette, welche auch auf dem besseren Boden für das Thomasmehl ebenso, unter Umständen dankbarer sind, als für das Superphosphat.

4. Als Vorratsdüngung. Eine Vorratsdüngung wird man am zweckmäßigsten meist in Form von Thomasmehl geben.

Das Thomasmehl kann im Herbst, Winter und Frühjahr gegeben werden; zu den Winterfrüchten wird man es immer vor der Bestellung im Herbst geben. Ein tieferes Unterbringen ist nicht erforderlich.

Thomasmehl-Lieferungsbedingungen.

1. Gehalt. Das Thomasschlackenmehl wird nur in den Gehaltslagen geliefert, wie sie sich bei der stetig schwankenden Produktion ergeben und zwar innerhalb der Gehalte von 14—21 % Gesamt-Phosphorsäure bezw. 13—20 % zitronensäurelösliche Phosphorsäure, oder nach dem Gehalt an Gesamt-Phosphor-

[1]) Thaer-Bibliothek Band 100. Berlin, Verlag von Paul Parey, 1900.

säure mit 75% Feinmehl unter Garantie von 80% Zitronensäurelöslichkeit (mit 5% Latitüde). Ware mit niedrigerem Gehalt darf nicht beanstandet werden.

Die Preisberechnung erfolgt entweder

a) nach festen Sorten und zwar nach ganzen Prozenten, z. B. 14, 15% usw. nach Wahl der Lieferanten oder

b) nach Analysenausfall.

Nach welcher Art Berechnung gewünscht wird, ist bei Bestellung anzugeben. Unterbleibt diese Angabe, so erfolgt die Lieferung nach Analysenausfall.

Es wird geliefert, da der Gehalt der Ware ständigen Schwankungen unterliegt, je nach Ausfall der Produktion, aber unter möglichster Berücksichtigung etwaiger besonderer Wünsche.

Der Abnehmer ist berechtigt, den berechneten Gehalt durch eine landwirtschaftliche Versuchsstation, bezw. Versuchsanstalt, mit welcher die Thomasphosphatfabriken im Vertragsverhältnis stehen, prüfen zu lassen (Kontrollanalyse). Bei Abnahme einer Ladung von mindestens 100 Ztrn. erfolgt die Kontrollanalyse kostenfrei, sofern der Probe ein ordnungsmäßig ausgefülltes Probenahme-Attest beigefügt wird, und zwar entweder für Gesamt-Phosphorsäure und Feinmehl oder für zitronensäurelösliche Phosphorsäure, keinesfalls aber für beides. Von den Resultaten solcher Analysen muß stets sofort Kenntnis gegeben werden.

Wenn die Kontrolle auf Zitronensäurelöslichkeit oder zitronensäurelösliche Phosphorsäure erfolgen soll, so ist den Versuchsstationen stets ausdrücklich aufzugeben, daß die Untersuchung nach der neuen Wagnerschen Methode auszuführen ist.

Zu a) Für Verkäufe nach festen Sorten beträgt die Latitüde $^3/_4$% zitronensäurelösliche Phosphorsäure.

Auf die berechnete Sorte steht den Thomasphosphatfabriken eine Analysenfehlergrenze (Latitüde) von $^1/_2$% Phosphorsäure und 5% Zitronensäurelöslichkeit zu, sofern die Ware nach Gesamt-Phosphorsäure abgerufen und berechnet ist.

Ergibt die Kontrollanalyse einen Untergehalt, der die Fehlergrenze überschreitet, so ist auf Wunsch und Kosten der Lieferanten eine Schiedsanalyse aus einer der Reserveproben auszuführen. Bestätigt diese Schiedsanalyse einen Untergehalt im vorstehenden Sinne, so hat die Vergütung ausschließlich auf Grund dieser Schiedsanalyse stattzufinden.

Zu b) Bei Abruf nach Analysenausfall erfolgt die Berechnung auf Grund der Werkanalyse; ergibt die Kontrollanalyse einen Untergehalt, so wird derselbe entweder vergütet, oder es ist auf Wunsch der Lieferanten eine Schiedsanalyse vermittelst einer der Reserveproben bei einer von denselben gewählten Untersuchungsstelle anzufertigen, wobei dann für die Vergütung eines etwaigen Untergehalts das Mittel aus dem Ergebnis der Kontroll- und der Schiedsanalyse maßgebend ist.

Die Kosten dieser Schiedsanalyse fallen dem Bezieher nicht zur Last.

Sowohl die Lieferfirma als auch der Käufer sind bei einem Untergehalt an Gesamt- oder zitronensäurelöslicher Phosphorsäure indes berechtigt, eine zweite

Schiedsanalyse bei einer an den Untersuchungen noch nicht beteiligten Vertrags-Untersuchungsstelle nach eigener Wahl zu beantragen.

Zu dieser zweiten Schiedsanalyse wird in erster Linie die etwa noch vorhandene Reserveprobe, oder in deren Ermanglung der im Besitz der Untersuchungsstelle befindliche Rest der Reserveprobe, welcher zur ersten Schiedsanalyse gedient hat, verwendet.

Findet eine solche zweite Schiedsanalyse statt, so ist für die Vergütung des etwaigen Untergehalts das Mittel aus den Ergebnissen der sich am meisten nähernden Analysen maßgebend.

Die Kosten der zweiten Schiedsanalyse werden vom Antragsteller getragen.

Zu a und b. Schiedsanalysen sind ausgeschlossen, sofern der Untergehalt weniger als 0,2 % beträgt.

Im übrigen gelten für die Analysierung die seither gültigen Bestimmungsmethoden der Versuchsstationen.

2. Mindergehalt an zitronensäurelöslicher Phosphorsäure, Gesamt-Phosphorsäure, Zitronensäurelöslichkeit oder an Feinmehl berechtigt den Käufer nicht zum Rücktritt vom Vertrage, sondern nur zum Anspruch auf entsprechende Preisvergütung auch bei Mengen unter 10000 kg.

Mindergehalt an zitronensäurelöslicher oder Gesamt-Phosphorsäure wird nach Verhältnis des berechneten Preises (Frachtbasispreis) vergütet. Der Frachtbasispreis wird durch die Schiffsvergütung nicht berührt. Mindergehalte an Zitronensäurelöslichkeit werden zum berechneten Preise im Verhältnis von 80 % vergütet, wenn die Latitüde von 5 % überschritten wird. Bei Lieferung von Ware unter 14 % zitronensäurelöslicher Phosphorsäure nach Analysenausfall tritt Vergütung der anteiligen Fracht ein; bei Lieferung nach festen Sorten jedoch nur, sofern der Mindergehalt über die nach Abschnitt 1a zulässige Fehlergrenze hinausgeht. Die Berechnung der anteiligen Fracht erfolgt auf Basis von 14 % zitronensäurelöslicher Phosphorsäure. Bei Mindergehalt an Feinmehl findet eine Vergütung der an 75 % fehlenden Prozente mit 2½ M per Prozent und 10000 kg statt.

Eine Gehaltsdifferenz hält die Zahlung des vollen Rechnungsbetrages nicht auf, sondern es wird solche Reklamation für sich geregelt und erfolgt die Vergütung nach Austrag besonders.

3. Verkaufs- und Bezugsgebiet. Die Ware ist ausschließlich zum Konsum in Deutschland bestimmt und darf bei Vermeidung einer Konventionalstrafe nur an Konsumenten zur Verwendung im eigenen landwirtschaftlichen Betriebe, nicht aber direkt oder indirekt an Händler zum Wiederverkauf geliefert werden.

Die nach Stationen der Parität Rote Erde gelieferte Ware darf nicht per Bahn in das Gebiet der Parität Diedenhofen gefahren werden.

4. Die Lieferung der Ware erfolgt in mit Plomben und Gehaltsangabe versehenen Säcken in 100 Kilo-Packung. Wird Lieferung in 75 Kilo-Packung gewünscht, so kann dieselbe, wenn überhaupt möglich, erfolgen. Der Preis ist dann für 200 Ztr. 5 M höher.

Für die Ausführung der den Werken erteilten Verlade-Dispositionen, welche in der Reihenfolge des Einganges derselben geschieht, haben die Werke 3 bis 4 Wochen, im August, September, Oktober, d. h. also für alle Abrufe zur prompten Ausführung, welche vom 1. August bis 31. Oktober bei den Thomasphosphatfabriken eingehen, 4—5 Wochen Lieferfrist bezw. Nachfrist. Die Lieferfrist rechnet vom aufgegebenen Liefertermine ab, jedoch kommt für Abrufe, die mindestens 4 Wochen vor dem Liefertermine erteilt werden, nur eine Lieferfrist von 3 bis 4 Wochen in Frage.

Wagenmangel, Maschinenbruch an den Mühlen, Betriebsstörungen und Betriebseinschränkungen in den Stahl- und Mahlwerken, Streik, Krieg usw. können Lieferungsverzögerungen und Lieferungsausfälle verursachen, wofür die Werke keine Verantwortung übernehmen.

Die Thomasphosphatfabriken haben das Recht, ab einem beliebigen in- oder ausländischen Werke oder Lager zu verladen; die Fracht vom Abladeort bis zur Bestimmungsstation ist vom Empfänger zu zahlen und wird etwa entstehende Mehr- oder Minderfracht gegen die Paritätsfracht in der Faktura verrechnet. Frankaturen können nicht übernommen werden. Die Stempelkosten der Frachtbriefe gehen zu Empfängers Lasten.

Lieferung aus verschiedenen Sorten zusammengesetzter Ladungen oder Extra-Vorschriften für den Versand (bestimmte Abgangs- oder Ankunftszeiten, Nachnahmen, Verwendung eingesandter Frachtbriefe, Frachtbriefunterschrift usw.) können nur nach Möglichkeit, ohne Garantie, Berücksichtigung finden. Ebenso kann für Ausführung von Dispositions-Änderungen und Annullationen keine Gewähr geleistet werden. Wird telegraphische Weitergabe von Änderungen usw. an die Werke bezw. Läger gewünscht, so ist dies besonders zu bemerken und gehen die dadurch entstehenden Kosten zu Lasten des Käufers.

5. Die Probenahme. Für die Probenahme gelten bestimmte Bestimmungen, welche den Empfängern zugleich mit der Auftragsbestätigung besonders gesandt werden. Falls die Probenahme nicht diesen Bestimmungen gemäß erfolgt ist, muß das Werkmuster in Differenzfällen maßgebend sein.

Die Probenahme hat unmittelbar nach Ankunft einer jeden Sendung, spätestens aber innerhalb zweier Tage durch den Empfänger oder einen von ihm beauftragten Probennehmer im Beisein eines unparteiischen, mit diesen Bedingungen bekannt zu machenden Zeugen und zwar aus der Mitte eines jeden fünften Sackes, jedenfalls aber aus wenigstens zehn Prozent der gelieferten Sackzahl, wenn möglich mittels Probestechers zu geschehen; dabei sind solche Säcke auszuschließen, welche bei dem Versand beschädigt oder naß geworden sind. Die aus den Säcken entnommenen Proben sind auf trockner, reiner Unterlage innig zu mischen und aus dieser Mischung drei gleiche Durchschnittsproben im Gewicht von je mindestens 250 g zu bilden. Jede dieser Durchschnittsproben ist in ein reines, innen trocknes Glasgefäß zu füllen, sorgfältig luftdicht zu verschließen, mit den Siegeln des Empfängers oder des von ihm beauftragten Probenehmers und des Zeugen und mit einer Aufschrift zu versehen, welche die Nummer des Eisenbahnwagens, Abgangsstation

und Tag des Abgangs, sowie Fabrikanten resp. Lieferanten und ferner Sackzahl, Gewicht, Marke und Gehaltsgarantie angibt. Die ordnungsgemäß geschehene Probenahme ist vom Empfänger oder von dessen beauftragten Probenehmer, sowie dem Zeugen durch beiderseitige Unterschrift in drei gleichlautenden Bescheinigungen zu bestätigen.

Es ist unter allen Umständen unzulässig, das Probegut in innen feuchte Glasgefäße, Mustertüten, Beutel, Holzkistchen, Pappschachteln, Blechbüchsen und dergl. einzufüllen. Werden trotzdem solche unzulässigen Proben an die Versuchsstation oder Untersuchungsanstalt gesandt, so wird diese den Einsender auf die Unzulässigkeit hinweisen. Wird die Untersuchung dennoch verlangt, so werden die Mängel im Analysenatteste angegeben.

Die Probenahme hat unter allen Umständen aus jedem einzelnen Eisenbahnwagen getrennt zu erfolgen, wenn nicht besondere Vereinbarungen getroffen sind.

Nur solche Proben werden als maßgebend anerkannt, welche den obigen Bestimmungen gemäß genommen sind. Der Nachweis hierüber ist in allen Fällen durch die ordnungsmäßig ausgefüllten Probenahme-Atteste zu erbringen.

6. Reklamationen. Etwaige Mindergehalte müssen binnen längstens vier Wochen nach Empfang der Ware angemeldet werden, und zwar sind den Anmeldungen unter allen Umständen beizufügen:

1. das Analysen-Attest der Untersuchungsstelle,
2. das zweite Probenahme-Attest, welches in allen Teilen ordnungsmäßig ausgefüllt ist und die Unterschriften des Probenehmers und des Zeugen tragen muß.

Die 2. und 3. Durchschnittsproben sind vorläufig vom Empfänger sorgfältig aufzubewahren. Derselbe ist verpflichtet, die 2. Durchschnittsprobe auf Verlangen des Lieferanten an das Werk und die 3. Durchschnittsprobe zur Schiedsanalyse an eine vom Lieferanten namhaft zu machende Untersuchungsstelle portofrei einzusenden. Im letzteren Falle ist der Probe das 3. Probenahmeattest beizufügen. Der Empfänger ist verpflichtet, diese 3. Durchschnittsprobe unter allen Umständen aufzubewahren, bis der Mindergehalt vom Lieferanten abgerechnet ist, oder der Antrag auf Schiedsanalyse gestellt wird.

Dem Lieferanten steht es frei, sofern noch 10 % der gelieferten Sackzahl vorhanden sind, neue Probenahme zu verlangen. Durch diese neue Probenahme scheidet die erste Probenahme vollständig aus.

e) Das Wolters-Phosphat.

Dieses wird nach einem Patent von Wolters durch Aufschließen von Rohphosphaten mit einem geeigneten Gemisch von saurem schwefelsaurem Natron kohlensaurem Kalk, Sand und Kohle gewonnen. Die ersten Versuche zur Herstellung solcher Phosphate hat Wolters in Gemeinschaft mit L. Bühring im Jahre 1897 im Laboratorium der Versuchsstation Halle ausgeführt und es

wurden auch damals im Anschluß an diese Versuche Vegetationsversuche von Maercker ausgeführt, welche ein für dieses Phosphat sehr günstiges Ergebnis brachten. Auf Vorschlag von Maercker wurde dann dieses Phosphat nach zitronensäurelöslicher Phosphorsäure gehandelt. Spätere Vegetationsversuche, welche der Verfasser mit D. Meyer anstellte, bestätigten die gute Wirksamkeit dieses Phosphates.

So wurden z. B. durch 0,5 g Phosphorsäure folgende Ertragssteigerungen hervorgerufen:

	Mehrerträge	
	Senf-Trockensubstanz pro Gefäß	Haferkörner pro Gefäß
	g	g
0,5 g wasserlösliche Phosphorsäure als Superphosphat	+ 21,6	+ 17,3
0,5 g zitronensäurelösliche Phosphorsäure als Wolters-phosphat	+ 19,3	+ 16,9

Demnach hatte die zitronensäurelösliche Phosphorsäure dieses Phosphates fast genau so gut gewirkt als die wasserlösliche Phosphorsäure des Superphosphats. Die Phosphorsäureausnutzung gestaltete sich nicht ganz so günstig. Es wurde aber die aufgenommene Phosphorsäure von der Pflanze haushälterischer verwendet als die des Superphosphates d. h. eine gleiche Menge von aufgenommener Woltersphosphat-Phosphorsäure hatte etwas mehr Pflanzensubstanz erzeugt, als eine gleiche Menge von aufgenommener Superphosphat-Phosphorsäure. Die gleiche Erscheinung hatten wir schon beim Thomasmehl konstatiert, und wir finden sie bei allen phosphorsäurehaltigen Düngemitteln, welche die Phosphorsäure nicht in wasserlöslicher Form enthalten.

Es werden hergestellt Woltersphosphate mit:

a) 15—17% zitronensäurelöslicher Phosphorsäure, 1—2% Kali, 50% Kalk.

b) 17% zitronensäurelöslicher Phosphorsäure, 7% Kali.

c) 6% zitronensäurelöslicher Phosphorsäure, 24% Kali.

Trotz seiner günstigen Wirkung ist das Woltersphosphat ein ständiger Handelsartikel bis jetzt noch nicht geworden.

f) Die organischen Phosphorsäuredünger.

Sämtliche organischen Dünger enthalten außer Stickstoff auch Phosphorsäure. Diejenigen, welche nur geringe Mengen von Phosphorsäure enthalten, wie Blutmehl, Hornmehl, Wollstaub und Ledermehl werden nur nach Stickstoff gehandelt, während in den Guanoarten, dem Fleischdüngemehl, bezw. Kadavermehl, und besonders den Knochenmehlen, in welch letzteren der Stickstoffgehalt stark zurücktritt, die Phosphorsäure und Stickstoff gehandelt werden. Die Stickstoffwirkung dieser Düngemittel ist bereits bei den Stickstoffdüngern besprochen worden und hier finden sich auch die Angaben über den Phosphorsäuregehalt dieser Düngemittel (s. S. 283). Es bleibt also nur noch übrig, die Phosphorsäurewirkung dieser Düngemittel zu besprechen.

Die Phosphorsäure ist in den organischen Düngemitteln in ziemlich schwerlöslicher Form, hauptsächlich als Trikalziumphosphat, enthalten. Zu ihrer Zersetzung ist eine kräftige Durchlüftung des Bodens notwendig. Aus diesem Grunde können alle diese Düngemittel nur für die stark durchlüfteten leichten Sandböden und für saure in Frage kommen. Eine Hauptbedingung für ihre Anwendung ist eine feine Mahlung.

Daß diese Düngemittel nur für die leichten Böden und nicht für die schweren Böden in Frage kommen, beweisen die langjährigen Erfahrungen, welche man in der Praxis mit ihnen gemacht hat und auch Vegetationsversuche. So wurden z. B. bei Vegetationsversuchen, welche der Verfasser[1]) in Gemeinschaft mit T. Meyer und H. Frese mit verschiedenen Bodenarten über die Wirkung des Knochenmehls im Vergleich zum Superphosphat und Thomasmehl anstellte, folgende Mehrerträge erzeugt:

	Körner g	Stroh g	Körner, Wirkung des Superphosphates = 100	Phosphorsäure in der Ernte g	Aufgenommene Phosphorsäure, Superphosphat = 100
1. Anmooriger Sandboden.					
Durch Superphosphat	+ 19,10	+ 29,2	100	+ 0,23	100
„ Thomasmehl	+ 18,95	+ 22,1	99	+ 0,21	91
„ Knochenmehl	+ 13,35	+ 14,1	70	+ 0,07	30
2. Lehmiger Sandboden.					
Durch Superphosphat	+ 22,65	+ 34,5	100	+ 0,20	100
„ Thomasmehl	+ 24,65	+ 39,7	109	+ 0,23	115
„ Knochenmehl	+ 21,10	+ 26,7	93	+ 0,15	75
3. Lößlehmboden.					
Durch Superphosphat	+ 27,00	+ 51,7	100	+ 0,24	100
„ Thomasmehl	+ 11,75	+ 31,0	43	+ 0,10	42
„ Knochenmehl	+ 2,85	+ 14,3	11	+ 0,04	17
4. Schwerer Lößlehmboden (a).					
Durch Superphosphat	+ 20,60	+ 26.7	100	+ 0,22	100
„ Thomasmehl	+ 13,45	+ 10,1	65	+ 0,12	55
„ Knochenmehl	— 0,45	— 2,1	—	— 0,02	—
5. Schwerer Lößlehmboden (b).					
Durch Superphosphat	+ 21,35	+ 32,3	100	+ 0,12	100
„ Thomasmehl	+ 7,05	+ 13,6	33	+ 0,07	58
„ Knochenmehl	+ 1,70	+ 12,8	8	+ 0,00	—

Es hatte also das Knochenmehl auf den schweren Bodenarten, wo es sich außerordentlich schwer zersetzt, so gut wie nicht gewirkt, während es auf den beiden Sandböden eine ganz gute Wirkung zeigte, 70 und 93% der Super-

[1]) Landw. Jahrbücher 1906. Berlin, Verlag von P. Parey.

phosphatwirkung. Gleichzeitig zeigen diese Zahlen, wie auch das Thomasmehl auf den besseren Böden hinter dem Superphosphat stark zurücktritt, während es auf dem einen Sandboden die gleiche Wirkung wie das Superphosphat gezeigt, auf dem anderen sogar das Superphosphat etwas übertroffen hat.

Bei gleicher Feinheit wirken die unentleimten Knochenmehle besser als die entleimten Knochenmehle, was darauf zurückzuführen ist, daß der faulende Leim zur Zersetzung der Knochenmehl-Phosphorsäure beiträgt. So wurden z. B. bei ausreichenden Mengen von Stickstoff vom Verfasser folgende Ernten festgestellt:

Ohne Phosphorsäure . . .	85,10 g	Haferkörner
Entleimtes Knochenmehl . .	117,40 „	„
Unentleimtes Knochenmehl . .	132,70 „	„

Die Überlegenheit des unentleimten Knochenmehls dem entleimten gegenüber zeigt sich natürlich nur bei gleichem Feinheitsgrad. Ist das unentleimte weniger feingemahlen als das entleimte, so kann die umgekehrte Erscheinung eintreten.

Alle diese Düngemittel dürfen nicht tief in den Boden, sondern nur flach in denselben gebracht werden, da sie sich bei einem zu tiefen Unterbringen schlecht zersetzen. Es zeigt dies z. B. folgender vom Verfasser auf einem Sandboden ausgeführter Vegetationsversuch:

	Senf-Trockensubstanz g	Haferkörner g
Ohne Phosphorsäure	109,0	85,1
Knochenmehl tief eingebracht	112,3	101,5
„ flach „	125,8	125,1
Superphosphat	147,5	131,8

Man hat sich viel über die Wirkung des Knochenmehls gestritten. Entschieden steht fest, daß das Knochenmehl für schwere Bodenarten, wie auch die obigen Versuche zeigen, ein sehr ungeeigneter Dünger ist. Andererseits kann es auf Sandböden eine ganz gute Wirkung zeigen. Dem Superphosphat und dem Thomasmehl wird es sich in seiner Wirkung aber auch hier nur dann nähern können, wenn die Mehrernten, welche durch die Phosphorsäuredüngung zu erzielen sind, nicht allzu hohe sind. Das Knochenmehl dürfte demnach nur in Frage kommen für leichte Böden mit einem nicht zu hohen Phosphorsäurebedürfnis. Hier kann es unter Umständen die den Pflanzen noch fehlenden Phosphorsäuremengen liefern und eine befriedigende Wirkung zeigen, speziell beim Roggen, wo es im Herbst in den Boden gebracht werden kann.

Eine ähnliche Wirkung, wie die Phosphorsäure der Knochenmehle, zeigt auch die Phosphorsäure der anderen organischen Dünger, die auch zum Teil, wie z. B. das Fleischdüngemehl und Kadavermehl, die Phosphorsäure als Knochenmehl-Phosphorsäure enthalten. Eine etwas höhere Wirkung zeigt die Phosphorsäure der Guanoarten, welche die Phosphorsäure zum Teil in Form von Dikalziumphosphat, auch zum kleineren Teile in Form von wasserlöslicher Phosphorsäure enthalten.

Ganz anders wirkt die Phosphorsäure in den aufgeschlossenen Knochenmehlen, aufgeschlossenen Guanos usw. Hier ist sie, wie in den Superphosphaten, in wasserlöslicher Form vorhanden und der Superphosphat-Phosphorsäure gleichwertig.

g) Die Rohphosphate.

Von diesen werden ab und zu gewisse weicherdige Phosphate, wie z. B. das Agrikultur-Kreidephosphat, als Düngemittel angepriesen. Alle solche Phosphate können aber nur in Frage kommen auf sauren Hochmoorböden, nicht auf Mineralböden, welche nur sehr geringe Mengen von Phosphorsäure aus diesen Phosphaten zu lösen vermögen. Organische Substanzen, wie Stalldünger und Gründüngung, tragen wohl zu ihrer besseren Zersetzung bei, jedoch reicht auch dieser Faktor nicht aus, um diese Düngemittel auf Mineralböden mit Erfolg anwenden zu können.

Allgemeines über die Anwendung der phosphorsäurehaltigen Handelsdünger (Superphosphat, Thomasmehl usw.).

Die Phosphorsäuredüngung ist abhängig zu machen:

1. Von den Bodenarten. Das Phosphorsäurebedürfnis der verschiedenen Böden ist ein verschiedenes. Der Gehalt des Bodens an Gesamtphosphorsäure gibt uns, wie wir sahen (s. S. 191), keinen Aufschluß über das Phosphorsäuredüngebedürfnis des Bodens, da die Phosphorsäure in den verschiedenen Böden in verschiedener Weise löslich und damit in verschiedenem Maße den Pflanzen zugänglich ist. Auch der Löslichkeitsgrad der Bodenphosphorsäure gibt uns, wie wir sahen, keinen sicheren Aufschluß über das Phosphorsäuredüngebedürfnis des Bodens, sondern nur gewisse Anhaltspunkte. Am wenigsten phosphorsäurebedürftig sind im allgemeinen gewisse leichtere Böden mit einem guten Phosphorsäuregehalt (gewisse lehmige Sandböden und sandige Lehmböden), da die Phosphorsäure in diesen Böden den Pflanzen leichter zugänglich ist als in den schwereren Böden. Jedoch haben auch jene Böden einen Zuschuß von Phosphorsäure notwendig, wenn auf ihnen Höchstproduktionen erzielt werden sollen. Jeder Boden gebraucht einen Zuschuß von Phosphorsäure, dessen Höhe sich nach dem Phosphorsäuredüngebedürfnis des betreffenden Bodens und nach seiner Produktionsfähigkeit zu richten hat. Das hat auch der Praktiker längst selbst erkannt. Die meisten Landwirte haben es, seitdem der Landwirtschaft genügendes Material von preiswerten Phosphorsäuredüngern zur Verfügung steht, an Phosphorsäuredüngungen nicht fehlen lassen, ihre Böden reichlich mit Phosphorsäure gedüngt, ihnen zusammen mit den üblichen Stallmistdüngungen mehr Phosphorsäure zugeführt, als ihnen durch die Ernten entzogen wurde. Hiermit ist ein gewisser Sättigungszustand der Böden erreicht, der auch anzustreben war und der eine gewisse Grundlage für sichere Ernten bietet. Wo ein solcher Sättigungszustand erreicht ist, genügt es, dem Boden immer nur soviel Phosphor-

säure zuzuführen als ihm durch die Ernten entzogen wurde; wo dieser Zustand noch nicht erreicht worden ist, müssen dem Boden größere Mengen von Phosphorsäure zugeführt werden. Phosphorsäureverluste durch die Sickerwässer sind, wie wir sahen, bei dem jetzigen Kulturzustande unserer Böden nicht mehr zu befürchten, auch nicht mehr auf den leichteren Böden, die letzteren müßten dann mit Kalk vollständig vernachlässigt worden sein.

2. Von der Pflanzenart. Von den landwirtschaftlichen Kulturpflanzen sind am phosphorsäurebedürftigsten die Rüben, welche besonders in frühester Jugend nach einer schnell aufnehmbaren Phosphorsäure verlangen, und nach Wagner auch die Kleearten, der Raps und die Kohlarten.

3. Von der Stallmistdüngung. Durch die Stallmistdüngung führen wir dem Boden nennenswerte Mengen von Phosphorsäure zu. Gewöhnlicher Stalldünger enthält durchschnittlich 0,25 % Phosphorsäure, Stalldünger von einer Produktionsfütterung 0,40 % Phosphorsäure. Demnach führen wir dem Boden z. B. durch 200 dz Stalldünger pro Hektar 50 bezw. 80 kg Phosphorsäure zu. Die Stalldüngerphosphorsäure ist auch von guter Wirksamkeit, was zum Teil darauf zurückzuführen ist, daß die sich zersetzende organische Substanz zur Lösung der Phosphorsäure beiträgt. So wurden z. B. bei den statischen Versuchen der Versuchswirtschaft Lauchstädt folgende Phosphorsäuremengen aufgenommen:

	Zuckerrüben mit der Nachfrucht Gerste		Kartoffeln mit der Nachfrucht Weizen	
	P_2O_5		P_2O_5	
	kg	%	kg	%
Aus 200 dz Stalldünger mit 84 kg Phosphorsäure	35,54	41,9	27,35	32,7
Aus Superphosphat mit 150 kg Phosphorsäure	34,87	23,2	21,89	14,6

Es war also hier die Phosphorsäure des Stalldüngers besser ausgenutzt als die des Superphosphats.

Demnach kann eine Phosphorsäuredüngung neben Stalldünger nicht die Wirkung zeigen als ohne Stalldünger. Es zeigen dies z. B. auch wieder die statischen Versuche der Versuchswirtschaft Lauchstädt, bei welchen im Durchschnitt von 7 Jahren folgende Mehrerträge durch die Phosphorsäuredüngung erzielt wurden:

Zuckerrüben:

	Ohne Stalldünger				200 dz Stalldünger auf 1 ha			
	Wurzeln	Zucker		Kraut	Wurzeln	Zucker		Kraut
	dz	%	dz	dz	dz	%	dz	dz
Stickstoff + Phosphorsäure + Kali . . .	416,2	17,93	74,73	325,9	436,3	17,92	78,33	369,7
Stickstoff + Kali . . .	372,2	17,63	65,70	330,3	422,7	17,85	75,62	363,1
Durch Phosphorsäure	**+ 44,0**	**+ 0,30**	**+ 9,03**	**− 4,4**	**+ 13,6**	**+ 0,07**	**+ 2,71**	**+ 6,6**

Da, wo die Rüben nicht in Stalldünger standen, hatte die Phosphorsäuredüngung die hohe Mehrernte von 44,0 dz Rübenwurzeln erzeugt und dabei den prozentischen Zuckergehalt um 0,30 % erhöht, während sie neben Stalldünger nur eine geringe Mehrernte hervorrief und den prozentischen Zuckergehalt so gut wie gar nicht erhöhte, ein Zeichen dafür, daß die in 200 dz Stalldünger auf 1 ha (100 Ztr. auf 1 Morgen) enthaltene Phosphorsäure nahezu ausgereicht hatte. Die Krautproduktion war durch die Phosphorsäuredüngung gar nicht gefördert worden, denn die festgestellten Differenzen liegen bei solchen Krautermittelungen innerhalb der Fehlergrenze.

Kartoffeln:

	Ohne Stalldünger			200 dz Stalldünger auf 1 ha		
	Knollen	Stärke		Knollen	Stärke	
	dz	%	dz	dz	%	dz
Stickstoff + Phosphorsäure + Kali	221,1	17,27	38,20	259,3	16,27	42,47
Stickstoff + Kali	186,6	17,21	32,31	247,5	16,90	41,95
Durch Phosphorsäure	**+ 34,5**	**+ 0,06**	**+ 5,89**	**+ 11,8**	**— 0,63**	**+ 0,52**

Eine recht gute Phosphorsäurewirkung war also da vorhanden, wo die Kartoffeln nicht in Stalldünger standen, während die Phosphorsäure des Stalldüngers das Phosphorsäurebedürfnis der Kartoffel nahezu befriedigt hatte. Im ersteren Falle wurden durch die Phosphorsäure 34,5 dz Knollen mit 5,89 dz auf 1 ha mehr geerntet als ohne Phosphorsäure.

Weizen:

	Vorfrucht: Kartoffeln ohne Stalldünger		Vorfrucht: Kartoffeln 200 dz Stalldünger	
	Körner	Stroh	Körner	Stroh
	dz	dz	dz	dz
Stickstoff + Phosphorsäure + Kali . . .	37,07	71,27	38,23	79,47
Stickstoff + Kali	34,42	63,03	37,90	74,44
Durch Phosphorsäure	**+ 2,65**	**+ 6,24**	**+ 0,33**	**+ 5,03**

Durch die Phosphorsäuregabe wurden also da, wo die Vorfrucht keinen Stalldünger erhielt, auf 1 ha 2,65 dz Körner mehr erzeugt, während da, wo die Vorfrucht Stalldünger (100 Ztr. pro Morgen) erhielt, so gut wie gar keine Phosphorsäurereaktion vorhanden war. Die Phosphorsäure des Stalldüngers hatte also auch für die Nachfrucht noch nahezu ausgereicht.

Gerste.

	Vorfrucht: Rüben ohne Stalldünger		Vorfrucht: Rüben 200 dz Stalldünger	
	Körner dz	Stroh dz	Körner dz	Stroh dz
Stickstoff + Phosphorsäure + Kali . . .	32,80	44,18	33,35	48,01
Stickstoff + Kali	30,02	39,85	32,15	44,76
Durch Phosphorsäure	+ 2,78	+ 4,33	+ 1,20	+ 3,25

Auch hier war die Phosphorsäurewirkung im ersteren Fall eine bessere als im zweiten. Durch die Phosphorsäuregabe wurden da, wo die Vorfrucht keinen Stalldünger erhielt, 2,78 dz Körner auf 1 ha mehr geerntet, während da, wo die Vorfrucht Stalldünger erhielt, die Phosphorsäuredüngung nur wenig gewirkt hatte.

Diese Versuche zeigen, daß die Pflanzen da, wo sie in Stalldünger stehen, entweder keine Phosphorsäure oder viel weniger gebrauchen als da, wo sie nicht in Stalldünger stehen und daß auch die Nachwirkung des Stalldüngers zu berücksichtigen ist, insofern, als eine in 2. Tracht stehende Frucht nicht in dem Maße eine Phosphorsäuredüngung nötig hat, wie eine in 3., 4. oder späterer Tracht stehende Frucht.

Die Form der Phosphorsäuredüngung. Die beiden herrschenden Phosphorsäuredünger sind das Superphosphat und das Thomasmehl. Das Superphosphat eignet sich, wie wir sahen, im allgemeinen mehr für die besseren Böden, das Thomasmehl mehr für die leichten, besonders kalkarmen Böden, für saure Böden und Wiesen. Sehr dankbar für das Thomasmehl sind die Kleearten, so daß man diesen Pflanzen nicht nur auf den leichten Böden, sondern auch auf den besseren Böden die Phosphorsäure zweckmäßig in Form von Thomasmehl gibt. Ganz besonders kommt nach dieser Richtung hin in Frage die mehrere Jahre hindurch stehende Luzerne, für welche eine Vorratsdüngung von Thomasmehl besonders zu empfehlen ist. Nach einer leicht aufnehmbaren Phosphorsäure verlangt in ihrer Jugend die Rübe. Es empfiehlt sich deshalb, der Rübe die Phosphorsäuredüngung in Form der wasserlöslichen Superphosphat-Phosphorsäure nicht nur auf den besseren Böden, sondern auch teilweise auf den leichteren Böden zu geben. Kombinierte Gaben von Superphosphat und Thomasmehl sind auf den leichteren Böden für die Rüben am Platze.

Die schwerer löslichen Phosphorsäuredünger, wie z. B. die Knochenmehle, kommen nur in Frage für leichtere Böden mit geringer Produktionsfähigkeit, saure Böden und Wiesen.

Die Zeit und Art der Anwendung der Phosphorsäuredüngung. Das Superphosphat gibt man am zweckmäßigsten bei der Bestellung, den Winterfrüchten im Herbst, den Sommerfrüchten im Frühjahr. Das Thomasmehl kann man für die Sommerfrüchte auch schon im Herbst oder Winter ausstreuen und

unterbringen. Ein tiefes Unterbringen der Phosphorsäure ist nicht erforderlich, auch meist nicht zweckmäßig. Einen Teil der Phosphorsäure, wenn nicht den ganzen, soll man in den Boden immer flach einbringen durch Eineggen oder besser durch Einkrümmern, da die jungen Pflanzen, welche sich die Phosphorsäure zunächst schwer anzueignen vermögen, genügende Mengen von leicht aufnehmbarer Phosphorsäure in den oberen Schichten vorfinden müssen. Die treibende Wirkung des flach eingebrachten Superphosphates läßt sich sehr gut an der Entwicklung der jungen Rüben beobachten. Da die Böden regelmäßig mit Phosphorsäure gedüngt werden, kommt ja auch durch das spätere Pflügen die im ersten Jahr nicht aufgenommene Phosphorsäure genügend in die tieferen Schichten und die Phosphorsäure behält ja auch, wie wir sahen, auf lange Jahre eine gute Wirkung.

Die Höhe der Phosphorsäuredüngung. Wagner empfiehlt einem stark phosphorsäurebedürftigen Boden eine hohe Thomasmehldüngung (8—10 dz pro Hektar) zu geben und alsdann noch eine Superphosphatdüngung von 2 dz auf die rauhe Furche zu streuen; einem phosphorsäurereichen Boden oder einem solchen, welcher durch starke Phosphorsäuredüngungen genügend angereichert ist, jährlich soviel an Phosphorsäure wieder zuzuführen, als ihm durch die Ernten entzogen wird.

So phosphorsäurearme Böden, wie sie Wagner im ersten Falle im Auge hat, gibt es wohl jetzt kaum mehr, da die Landwirte mit wenigen Ausnahmen im Laufe der Jahre ihre Böden durch reichliche Phosphorsäuredüngungen zusammen mit den üblichen Stallmistdüngungen an Phosphorsäure angereichert haben.

Im allgemeinen können folgende Gaben als ausreichend angesehen werden:

Rüben ohne Stalldünger	60 kg	Phosphorsäure pro Hektar
Rüben in Stalldünger	30—40 kg	„ „ „
Kartoffeln und Getreide ohne Stalldünger	40—50 „	„ „ „
Kartoffeln und Getreide in Stalldünger	0—30 „	„ „ „

Durch diese Gaben führen wir zusammen mit den üblichen Stallmistdüngungen dem Boden mehr Phosphorsäure zu, als wir ihm durch die Ernten entnehmen (s. S. 243).

3. Die Kalidünger.

a) Die Staßfurter Kalisalze.

Als Kalidünger kommen ausschließlich in Frage die Staßfurter Kalisalze. Die Entstehung der Kalisalze ist im zweiten Teil (s. S. 160) beschrieben worden. Größere Kalisalzablagerungen finden wir, wie auch schon erwähnt, nur in Deutschland, wo sie ziemlich verbreitet sind (Magdeburg-Halberstädter Becken, Anhalt, Thüringen, Braunschweig, Hannover, Elsaß).

Man unterscheidet:

1. Rohsalze (natürliche Bergprodukte),
2. konzentrierte Kalisalze (Fabrikate).

Rohsalze sind: Kainit bezw. Sylvinit und Hartsalz, Carnallit, Bergkieserit; Fabrikate: Chlorkalium, schwefelsaures Kali, schwefelsaure Kalimagnesia und die verschiedenen sogenannten Kalidüngesalze.

Der Absatz an Kalisalzen ist von Jahr zu Jahr gewaltig gestiegen. Es betrug:

Die Gesamt-Förderung an Kalisalzen:
(Carnallit, Bergkieserit, Kainit inkl. Hartsalz, Schönit, Sylvinit.)

	Kalisalze dz
1861	22930
1865	890596
1870	2885971
1875	5228658
1880	6685957
1885	9290489
1890	12792645
1895	15315856
1900	30370358
1905	48785984
1910	81607785
1913	116075105

Die Zahlen zeigen die rapide Steigerung. Im Jahre 1913 betrug die Förderung, wie die Zahlen zeigen, rund 116 Millionen Doppelzentner Kalisalze aller Art. Diese werden zum Teil direkt in der Landwirtschaft zu Düngezwecken verwendet, zum Teil dienen sie zur Herstellung hochprozentiger Düngesalze, oder sie finden in der Industrie Verwendung. Der bei weitem größte Teil findet seine Verwendung in der Landwirtschaft.

Der Verbrauch an Kalisalzen aller Art und an reinem Kali gestaltete sich in der Landwirtschaft Deutschlands und der des Auslandes folgendermaßen:

Gesamt-Verbrauch in der Landwirtschaft Deutschlands:

	Kalisalze dz	Kali (K_2O) dz
1880	313059	42030
1885	734205	90303
1890	2170705	266996
1895	4881489	598000
1900	8334722	1172114
1905	14365406	2021094
1910	22198736	3593358
1913	30130308[1])	5361026

[1]) Daß diese Mengen erheblich niedrigere sind, als die Gesamt-Förderung (116 Mill. dz), findet seine Erklärung darin, daß ein großer Teil der geförderten Rohsalze zu konzentrierten Salzen verarbeitet wird, wodurch die Menge reduziert wird.

Gesamt-Verbrauch in der Landwirtschaft des Auslandes:

	Kalisalze dz	Kali (K_2O) dz
1880	1356492	249241
1885	1826588	329639
1890	1973119	447562
1895	2766781	593036
1900	5599250	1156086
1905	10392586	2047543
1810	18190072	4068729
1913	19554373[1])	4678106

Demnach wurden seitens der Landwirtschaft Deutschlands 30,1 Millionen Doppelzentner Salze mit 5,4 Millionen Doppelzentner Kali, seitens der Landwirtschaft des Auslandes 19,6 Millionen Doppelzentner Salze mit 4,7 Millionen Doppelzentner Kali verbraucht. Der Verbrauch an Kali ist also im Auslande annähernd derselbe als in Deutschland. Daß die Menge der im Ausland zur Verwendung kommenden Kalisalze eine erheblich niedrigere ist, als die in Deutschland verbrauchte, liegt daran, daß im Ausland eine weit stärkere Verwendung hochprozentiger Fabrikate stattfindet.

Wie sich die Verwendung der einzelnen Kalisalze in der Landwirtschaft gestaltet, möge noch die folgende Zusammenstellung zeigen:

Verbrauch an den einzelnen Kalisalzen in der Landwirtschaft Deutschlands 1913:

	Kalisalze dz	Kali (K_2O) dz
Kainit bezw. Sylvinit, Hartsalz	24399538	3226712
Carnallit und Bergkieserit	585497	58923
Chlorkalium	5280	2670
Schwefelsaures Kali	1382	673
Kalzinierte schwefelsaure Kalimagnesia . . .	5144	1335
40 % Kalidüngesalz	4912874	2012096
30 „ „	119795	37370
20 „ „	100798	21247
Summa	30130308	5361026

[1]) Vergl. Anmerkung 1 auf vorhergehender Seite.

Verbrauch an den einzelnen Kalisalzen in der Landwirtschaft des Auslandes 1913:

	Kalisalze dz	Kali (K_2O) dz
Kainit bezw. Sylvinit, Hartsalz	10684073	1343606
Carnallit und Bergkieserit	5126	461
Chlorkalium	2815816	1423744
Schwefelsaures Kali	1039540	505993
Kalzinierte schwefelsaure Kalimagnesia	577227	149847
40 % Kalidüngesalz	1621591	639102
30 „ „	511627	155478
20 „ „	2299373	459875
Summa	19554373	4678106

Demnach finden in der Landwirtschaft Deutschlands fast ausschließlich Verwendung der Kainit (Sylvinit, Hartsalz) und das 40prozent. Kalidüngesalz; in Form des Kainits (Sylvinits, Hartsalzes) werden etwas über 3 Millionen Doppelzentner Kali, in Form des 40prozent. Kalisalzes rund 2 Millionen Doppelzentner verbraucht. In der Landwirtschaft des Auslandes stehen an der Spitze das Chlorkalium mit 1,4 Millionen Doppelzentner Kali und der Kainit (Sylvinit, Hartsalz) mit 1,3 Millionen Doppelzentner Kali, darauf folgt in weiter Distanz das 40prozent. Kalisalz.

Verarbeitung der Kalirohsalze auf konzentrierte Kalisalze.[1])

Chlorkalium.

Die Hauptmenge der carnallitartigen Rohsalze, deren Chlorkaliumgehalt meist 13—16 % beträgt und im fast reinen Carnallit der seltener vorkommenden Lagerstätten bis auf 21 % steigt, gelangt in die, jedem Kaliwerk zugehörigen chemischen Fabriken, zur Umarbeitung auf Chlorkalium.

Carnallit als reines Mineral ist ein Doppelsalz von Chlorkalium und Chlormagnesium nach der Formel $ClK, Cl_2Mg, 6\,H_2O$, das mit Steinsalz (ClNa) und Kieserit (SO_4Mg, H_2O) verwachsen ist und nach Ausklauben der größeren Steinsalz- und Kieseritbänke ein Fördergut von durchschnittlich

61½ % Carnallit, entsprechend 16 % Chlorkalium,
25 % Steinsalz,
12 % Kieserit,
2 % Anhydrit und Ton liefert.

Es kommt nun darauf an, den Carnallit zu lösen, aber Steinsalz und Kieserit möglichst ungelöst im Rückstand zu lassen. Zu diesem Zwecke wird das grobgemahlene Rohsalz in eine Chlormagnesium haltige Lauge, die beim Decken des Chlorkaliums und Auswaschen des Klärschlamms abfließt, eingetragen und durch zugeleiteten Dampf erhitzt, bis die Hauptmenge des Chlorkaliums gelöst ist. Die

[1]) Nach Angaben des Kalisyndikats.

so gewonnene Rohsalzlösung kommt zum Abscheiden der darin vorhandenen unlöslichen Stoffe in Absatzkästen, wo sie sich nach kurzem Aufenthalt klärt und sodann in flache Kästen zum Abkühlen fließt. Nach 1—2 Tagen ist das Chlorkalium bis auf einen kleinen in der Mutterlauge verbleibenden Rest auskristallisiert. Nach Ablassen der Mutterlauge wird das noch nasse Salz in Deckbottiche oder Tauchgefäße mit Siebboden gebracht und mit kaltem Wasser behandelt d. h. gedeckt, wodurch das anhaftende Chlormagnesium und das mit auskristallisierte Chlornatrium ausgewaschen wird. Die hierbei abfließende Decklauge findet wieder bei der Lösung neuer Rohsalzmengen Verwendung. Je länger das Salz mit Wasser gedeckt wurde, um so vollständiger wird das Chlornatrium entfernt und ein entsprechend reineres Chlorkalium gewonnen. Nachdem das feuchte Salz in mit Dampf oder mit offenem Feuer geheizten Darren getrocknet ist, gibt es versandfertige Ware, die der Arbeitsweise gemäß mit 80 bis 98 % Chlorkalium, entsprechend 48,4—61,5 % Kali auskommt. Es werden auch noch Marken mit 70—80 % Chlorkalium geliefert.

Die Mutterlauge der ersten Kristallisation enthält etwa 4,5 % Chlorkalium, zu dessen Gewinnung ein Eindampfen der Lauge erforderlich ist. An Stelle der früher gebrauchten offenen Pfannen werden jetzt große mit Dampf geheizte Vacuum-Apparate mit ähnlicher Ausnutzung des Abdampfes wie in der Zuckerindustrie benutzt. Bei zunehmender Konzentration scheiden sich Chlornatrium und auch etwas schwefelsaure Magnesia als Bühnensalz aus, so daß eine ziemlich reine Lösung verbleibt, aus der beim Abkühlen infolge des hohen Chlormagnesiumgehaltes künstlicher Carnallit auskristallisiert und eine fast reine Chlormagnesiumlösung verbleibt, die als Endlauge nur noch 1,4 % Chlorkalium enthält, also für weitere Kaligewinnung wertlos ist.

Der künstliche Carnallit wird mit Wasser oder dünnen Decklaugen heiß gelöst und wiederum zum Abkühlen gebracht. Das bei dieser eigentlich I. Kristallisation erhaltene Chlorkalium ist ziemlich frei von Chlornatrium und liefert, nachdem es wie das der I. Kristallisation mit Wasser gedeckt und darauf getrocknet ist, eine hochprozentige, technisch reine Ware von 98/99 % Chlorkalium, das mit einem Höchstgehalt von ½ % Chlornatrium besonders zur Herstellung von Ätzkali und Pottasche bevorzugt wird, während für die landwirtschaftliche Verwendung und die Umsetzung des Chilesalpeters zu Kalisalpeter hauptsächlich die billigeren Marken mit 80/85 % Chlorkalium aus der I. Kristallisation genügen.

Der in den Lösekesseln verbleibende aus Steinsalz und Kieserit bestehende Rückstand wird von der anhaftenden Lauge abgespült und die letztere mit dem Schlamm der Absatzkästen vereinigt. Der Schlamm selbst wird in Schlammpressen abgeschieden und entweder zu Kalidüngesalzen mit 20 % Kali benutzt oder durch Auslaugen mit kaltem Wasser vom Chlorkalium fast gänzlich befreit, so daß er wie der Löserückstand, dessen Chlorkaliumgehalt je nach Arbeitsweise 1 bis 2 % beträgt, also nicht mehr gewinnbar ist, zum Verfüllen der ausgebauten Kalibaue ins Bergwerk hineingebracht wird. Ist das verarbeitete Rohsalz sehr reich an Kieserit, so wird ein Teil desselben aus dem Löserückstand mit kaltem Wasser ausgewaschen, wobei sich etwas Chlornatrium auflöst und der körnige

Kieserit abschlämmt. Der in Kästen sich absetzende Kieseritschlamm wird teils als solcher in Formen gefüllt, worin er unter Aufnahme von Wasser ähnlich wie gebrannter und mit Wasser angerührter Gips erhärtet und als Blockkieserit mit einem Mindestgehalte von 55 und 60% schwefelsaurer Magnesia an Fabriken zur Bereitung von Bittersalz verkauft. Ein großer Teil wird aber durch weiteres Waschen von Chlornatrium befreit und in kochendem Wasser gelöst, um bei der Herstellung von Sulfaten benutzt zu werden. Der Löserückstand und besonders solcher, der länger auf der Halde gelegen hat, wird auch in Wasser vollständig gelöst und die aus Chlornatrium und schwefelsaurer Magnesia bestehende Salzlösung bei Winterkälte zur Kristallisation gebracht. Es tritt eine Umsetzung ein, indem schwefelsaures Natron auskristallisiert und Chlormagnesium als Mutterlauge verbleibt. Das so gewonnene Glaubersalz ist wie alle Salze der Kaliindustrie vollständig neutral und besonders rein.

Die Endlauge enthält etwa 0,2% Brom, das durch Einleiten von Chlorgas oder durch elektrolytische Zersetzung gewonnen wird. Im Gegensatz zum Brom aus anderen Rohstoffen ist das der Kaliindustrie sehr rein und frei von Jod. Ein weiterer Teil der Endlaugen wird eingedampft und als geschmolzenes Chlormagnesium in den Handel gebracht. Trotzdem noch große Mengen Endlauge auf Salzsäure, Chlor und Chlorkalk einerseits und auf gebrannte Magnesia und Magnesiahydrat andererseits verarbeitet werden, bleibt noch viel davon ungenutzt und muß mit den übrigen Abfalllaugen in die Flußläufe geleitet werden.

Bei der Verarbeitung von Sylvinit und Hartsalz handelt es sich um Rohsalze, die aus Chlorkalium und Chlornatrium bestehen und infolgedessen auch anders zu behandeln sind. Im Gegensatz zum Carnallit muß das Rohsalz fein gemahlen und mit dünnen Chlornatriumlaugen, die aus der Kristallisation und dem Decken des Chlorkaliums hervorgehen, unter ständigem Umrühren und Dampferhitzung gelöst werden. Hierbei wird bezweckt, daß Chlorkalium in Lösung geht und das Steinsalz im festen Rückstand zurückbleibt. Die geklärte Löselauge kommt zur Kristallisation und das Chlorkalium wird schließlich ebenso weiterbehandelt und in verschiedenen Marken von 80—98% geliefert. Als Mutterlauge verbleibt hierbei eine gesättigte Lösung von Chlornatrium mit 3—5% Chlorkalium, die zum Lösen neuer Rohsalzmengen benutzt wird. Sobald die Hartsalze auch noch Kieserit enthalten, muß zum Lösen des Rohsalzes eine Chlornatrium- und Chlormagnesium haltige Lauge genommen werden, weil nur in solcher der Kieserit unlöslich ist und im Rückstand verbleibt. Unter gewissen Abweichungen ergibt sich hierfür eine Arbeitsweise, die sich derjenigen für Carnallit etwas nähert.

Von dem im Rohsalz vorhandenen Chlorkalium wurden früher 75—80% gewonnen, während der Rest im Löserückstand, in der Endlauge und in dem beim Klären der Rohsalzlösung abgeschiedenen Schlamm verbleibt und als Verlust zu betrachten ist. Seit Einführung der verbesserten Arbeitsweisen in den Chlorkaliumfabriken, welche neuerdings hauptsächlich die früher nur mit großen Verlusten zu verarbeitenden Sylvinite und Harzsalze aufbereiteten, werden jetzt Ausbeuten von 85—92% erreicht.

Schwefelsaure Kali-Magnesia.

Von den Kalimineralien enthält nur der Schönit (SO_4K_2, SO_4Mg, $6H_2O$) die schwefelsaure Kalimagnesia als fertige Verbindung, die mit Steinsalz verwachsen in vereinzelten Lagern von abbauwürdiger Bedeutung vorkommt. Noch seltener werden die anderen Doppelsulfate der Kali-Magnesia, Leonit, Loeweit und Langbeinit gefunden, so daß als Rohsalz für die Herstellung von schwefelsaurer Kali-Magnesia zunächst der Kainit in Frage kommt und auch früher hauptsächlich dazu verwendet wurde. Kainit ist ein Doppelsalz aus Chlorkalium und schwefelsaurer Magnesia, entsprechend der Formel ClK, SO_4Mg, $3H_2O$, ist aber wie alle Kalimineralien innig mit Steinsalz verwachsen. Die ersten Versuche der Kainitverarbeitung machten jedoch große Schwierigkeiten und es wurden Ende der 70er Jahre viele Verfahren zur Darstellung von Kalimagnesia patentiert, von denen sich jedoch nur wenige im Fabrikbetriebe als lohnend erwiesen. In Holland, wo die Kalimagnesia in großem Umfange zur Kartoffeldüngung bevorzugt wird, hat sich aus dieser Zeit der Name Patentkali dafür erhalten.

Damals wurde der Kainit unter der Siedetemperatur der betreffenden Salzlösung gelöst und die Lauge der Kristallisation überlassen. Die Umsetzung erfolgt dabei jedoch nicht vollständig und die erste Kristallisation ergab eine durch Chlornatrium stark verunreinigte Kalimagnesia, deren Umkristallisation wie auch Aufarbeitung der Laugen umständlich und kostspielig war. Neustaßfurt hat allein nach dem Verfahren von Professor Precht bis vor wenigen Jahren mit gutem Erfolge gearbeitet. Nach diesem Verfahren wird der gemahlene Kainit mittels gesättigter Kainitlösung in Siebtrommeln unter Dampfdruck zerlegt, wobei wasserfreie Kalimagnesia (Langbeinit) durch die Siebmaschen fällt und die ungelösten Steinsalzstücke im Sieb zurückbleiben.

Seitdem eigentlicher Kainit auf vielen der neueren Werke nicht mehr gefunden wird und die wenigen Kainitlager oft mit Sylvinit und Hartsalz derart durchsetzt sind, daß diese der glatten Umsetzung hinderlich sind, hat man es aufgegeben, den Kainit zu verarbeiten und verwertet ihn als Rohsalz zu Düngezwecken. Heute werden daher auf allen Werken die Sulfate durch Umsetzung von Chlorkalium mit schwefelsaurer Kalimagnesia aus Kieserit hergestellt.

Da bei der Zersetzung von Magnesium-Sulfat mit Chlorkalium das Kali nicht vollständig als Kalisulfat ausfällt, wird meist so verfahren, daß zuerst Kalimagnesia gebildet und aus dieser durch weitere Umsetzung schwefelsaures Kali hergestellt wird. Wird in eine kaltgesättigte Bittersalz- bezw. Kieseritlösung festes, aber feinkörniges Chlorkalium eingetragen, so fällt die Kalimagnesia als fein kristallinische Masse aus, die sofort in mit Nutschen versehenen Kästen von der anhaftenden Lauge befreit werden muß und nach dem Trocknen als kalzinierte Kalimagnesia mit mindestens 48% schwefelsaurem Kali und einem Höchstgehalt von $2^1/_2$% Chlor geliefert wird.

Die Kalimagnesia ist als Ausgangsmaterial für die Herstellung von schwefelsaurem Kali besonders wertvoll und deshalb ziehen es viele Fabriken vor, schwefelsaures Kali mit feingemahlenem Kieserit zu mischen und als schwefelsaure

Kalimagnesia zu liefern, weil es ja doch nur auf ein entsprechendes Verhältnis dieser beiden Salze ankommt. Außer dem Mindestgehalt an Kali wird auch ein solcher von 25% schwefelsaurer Magnesia gewährleistet.

Schwefelsaures Kali.

Bei der Umsetzung der schwefelsauren Kalimagnesia mit Chlorkalium fällt das schwefelsaure Kali nicht restlos aus, sondern es verbleiben große Mengen Mutterlaugen mit wechselndem Gehalt an Chlorkalium und schwefelsaurer Magnesia, deren Weiterverarbeitung den Fabriken stets große Sorge machte und zu den verschiedenartigsten Arbeitsweisen Veranlassung war. Zur Herstellung von schwefelsaurem Kali wird die möglichst schlammfreie Kalimagnesia in Rührwerkskesseln mit Wasser aufgelöst unter gleichzeitiger Erwärmung des Inhaltes mit einströmendem Dampf. Hierauf wird hochprozentiges nasses Chlorkalium bis zur annähernden Sättigung eingetragen. Das ausgefällte Sulfat wird, wie bereits bei der Kalimagnesia erwähnt, in Nutschgefäßen aufgefangen und mit kaltem Wasser gedeckt. Das schwefelsaure Kali wird getrocknet und bildet eine gelbliche, feinsandige Masse, die in zwei Marken geliefert wird, nämlich mit

Mindestgehalt von 90% schwefelsaurem Kali entsprechend 48,6% Kali und Höchstgehalt von 2,5% Chlor,

Mindestgehalt von 96% schwefelsaurem Kali entsprechend 51,8% Kali und Höchstgehalt von 1,0% Chlor.

Das 96prozent. schwefelsaure Kali wird für einzelne Zwecke der chemischen Industrie und hauptsächlich wegen des geringen Chlorgehaltes zur Tabakdüngung verwendet. 90prozent. schwefelsaures Kali wird ausschließlich in der Landwirtschaft gebraucht und im Auslande besonders dort bevorzugt, wo bei hohen Verfrachtungskosten ein hochprozentiges Kalisalz mit niedrigem Chlorgehalt erwünscht und die gleichzeitige Zuführung von Magnesia nicht erforderlich ist. Zur Düngung von Kartoffeln, Zuckerrohr, Reben und Fruchtbäumen wird das schwefelsaure Kali deshalb dem Chlorkalium vorgezogen, weil es die Entwicklung und Reife der Früchte beschleunigt und auf kalkarmen Böden meist etwas bessere Wirkungen zeigt als das Chlorkalium, welches mehr auf den Holz- und Blattwuchs einwirkt und größere und dafür spätreifende, also auch länger haltbare Früchte bringt. Für Zuckerrohr ist das schwefelsaure Kali unbedingt dem Chlorkalium vorzuziehen, weil es den Gehalt an Rohrzucker steigert, dagegen den an Invertzucker und Nichtzucker vermindert, so daß reinere, also leichter zu verarbeitende Säfte erzielt werden.

Kalidüngesalze.

In früheren Jahren wurde der beim Klären der Rohsalzlösungen verbleibende Schlamm im Kalzinierofen getrocknet und als Kalidüngesalze mit 15, 21,6, 27, 31,5 und 37,8% Kali geliefert. Neuerdings wird das Chlorkalium aus dem Klärschlamm ausgewaschen und auf Chlorkalium verarbeitet, der kaliarme Schlamm ebenso wie der Löserückstand zum Verfüllen der Abbaue im Schacht benutzt.

Seit Einführung der Kalidüngesalze mit 20, 30 und 40% Kali im Jahre 1899 steht es den Werken frei, Kalidüngesalze entweder als Fabrikat oder als Rohsalz oder als Mischung beider zu liefern. Viele Kaliwerke, die hochprozentige Sylvinite und Hartsalzlager besitzen, können Rohsalze mit 20 und 30% Kali zum Versand als Kalidüngesalze fördern, während Rohsalze bis zu 40% zuweilen auch vorkommen, aber doch nicht in solcher Mächtigkeit, um eine versandfertige Ware mit so hohem Durchschnittsgehalt ständig zu liefern. Die Rohsalze müssen daher meistens durch Zusatz von Chlorkalium bis zu dem gewünschten Gehalt von 30 bezw. 40% Kali aufgemischt werden. Die fabrikmäßige Herstellung von 40prozent. Kalidüngesalz in Form eines weniger gereinigten Chlorkaliums mit 63,3% Chlorkalium wird nur auf wenigen Kaliwerken ausgeführt.

Die Zusammensetzung der Kalisalze.

Die durchschnittliche Zusammensetzung der in Frage kommenden Kalisalze ist die folgende:[1])

Benennung der Salze	Schwefelsaures Kali SO_4K_2	Chlorkalium Cl K	Schwefelsaure Magnesia SO_4Mg	Chlormagnesium Cl_2Mg	Chlornatrium Cl Na	Schwefelsaurer Kalk (Gips) SO_4Ca	Unlöslich in Wasser	Wasser	Gehalt an reinem Kali garantiert
A. Rohe Salze (Natürl. Bergprodukte):									
Kainit bezw. Hartsalz	—	22,6	19,4	—	34,6	1,7	0,8	20,9	12—15
Carnallit	—	15,5	12,1	21,5	22,4	1,9	0,5	26,1	9—11
Sylvinit	1,5	26,3	2,4	2,6	56,7	2,8	3,2	4,5	12—15
Bergkieserit	—	11,8	21,5	17,2	26,7	0,8	1,3	20,7	—
B. Konzentrierte Salze (Fabrikate):									
Schwefelsaures Kali { 96% .	97,2	0,3	0,7	0,4	0,2	0,3	0,2	0,7	52,0
Schwefelsaures Kali { 90% .	90,6	1,6	2,7	1,0	1,2	0,4	0,3	2,2	48,5
Schwefelsaures Kalimagnesia .	50,4	—	34,0	—	2,5	0,9	0,6	11,6	26,0
Chlorkalium { 90/95% . . .	—	91,7	0,2	0,2	7,1	—	0,2	0,6	57,0
Chlorkalium { 80/85% . . .	—	83,5	0,4	0,3	14,5	—	0,2	1,1	50,0
Kalidüngesalz mit 20% . . .	2,0	31,6	10,6	5,3	40,2	2,1	4,0	4,2	20—22
„ „ 30% . . .	1,2	47,6	9,4	4,8	26,2	2,2	3,5	5,1	30—32
„ „ 40% . . .	1,9	62,5	4,2	2,1	20,2	2,4	3,1	3,6	40—42

Gewährleistet wird nur ein Mindestgehalt an Kali.

Von den Rohsalzen kommen für die deutsche Landwirtschaft in Frage der Kainit, der Sylvinit, das Hartsalz und der Carnallit; von den konzentrierten Salzen das 40prozent. Kalisalz. Der Kainit, der Sylvinit und das Hartsalz, welch letztere beiden meist auch unter dem Namen Kainit gehen, kommen mit 12

[1]) Stutzer, Mentzel und v. Lengerkes Landwirtschaftlicher Kalender.

bis 15 % Kali in den Handel; der Carnallit entweder mit einem Gehalt von 9 bis 11, oder mit über 12 % Kali. Im letzteren Falle geht der Carnallit meist auch unter dem Namen Kainit, was aber bemerkt werden muß, da der Carnallit größere Mengen von schädlich wirkender Chlormagnesia enthält, was bei den anderen Salzen nicht der Fall ist. Das 40prozent. Kalisalz kommt mit einem Gehalt von 40—42 % Kali in den Handel. Die Salze werden an Ort und Stelle analysiert und die Rechnung entsprechend dem gefundenen Gehalte ausgestellt, wobei natürlich das Recht der Nachuntersuchung durch eine landwirtschaftliche Versuchs- oder Kontrollstation oder durch eine andere berechtigte Anstalt frei steht. Wünsche auf höher oder geringer prozentige Salze werden zwar berücksichtigt, ohne dabei in jedem einzelnen Falle dem Wunsche entsprechen zu können. Die Handelsmarken Kainit und Hartsalz enthalten neben Chlorkalium noch schwefelsaure Magnesia und größere Mengen von Steinsalz (Chlornatrium), die Handelsmarke Sylvinit neben Chlorkalium hauptsächlich nur größere Mengen von Steinsalz (Chlornatrium), welche die Mengen im Kainit und Hartsalz noch wesentlich übertreffen. Die Handelsmarke Carnallit enthält neben Chlorkalium noch schwefelsaure Magnesia, Steinsalz (Kochsalz) und, wie schon bemerkt, nicht unerhebliche Mengen von Chlormagnesia, welch letztere in den anderen Salzen nicht oder nur in geringer Menge vorhanden ist. Sämtliche Salze enthalten demnach das Kali in Form von Chlorkalium.

Die Wirkung der Kalisalze.

Alle Kalisalze enthalten das Kali in Form von Chlorkalium. Um gleiche Mengen von Kali dem Boden zuzuführen, kommt auf 3 dz Kainit bezw. Sylvinit oder Hartsalz (12—15 % Kali) ca. 1 dz 40prozent. Kalisalz (40—42 % Kali). Man führt also dem Boden durch die ersteren Salze erheblich mehr Nebensalze zu, als durch das 40prozent. Kalisalz. Diese Nebensalze bestehen zum größten Teil aus Chlornatrium (Kochsalz). Der Kainit und das Hartsalz enthalten auch noch nennenswerte Mengen von schwefelsaurer Magnesia, während Chlormagnesia, wenn vom Carnallit abgesehen wird, nur in kleineren Mengen vorhanden ist.

Da sämtliche Kalisalze das Kali in Form von Chlorkalium enthalten, entspricht bei allen Salzen die Kaliwirkung der Wirkung des Chlorkaliums und wir haben uns nur zu fragen, wie wirken die Nebensalze, in erster Linie das bei weitem vorherrschende Kochsalz, a) auf den Boden als solchen, b) auf die Pflanzen?

Was den Einfluß der Nebensalze auf den Boden betrifft, so vertragen die leichten Böden weit besser höhere Salzgaben als die schwereren, welche letztere durch höhere Salzgaben leicht verkrusten. Aus diesem Grunde eignet sich der Kainit mehr für die leichteren, das 40prozent. Kalisalz mehr für die besseren und schweren Böden. Wir haben aber auch die Wahl der Kalisalze von den verschiedenen Kulturpflanzen abhängig zu machen, welche sich gegen dieselben verschieden verhalten.

Über die Wirkung der Nebensalze, speziell über die Wirkung des Kochsalzes auf die einzelnen Kulturpflanzen sind zahlreiche Gefäß- und Feldversuche ausgeführt worden. Bei den Gefäßversuchen (s. S. 119—122) hat sich gezeigt, daß das Chlornatrium auf kaliarmen Böden bei Rüben und Getreide nennenswerte Ertragssteigerungen hervorzurufen vermag, während es bei der gegen Chlorsalze sehr empfindlichen Kartoffeln direkt nachteilig wirkt. Die schwefelsaure Magnesia wirkt beim Getreide ebenfalls, wenn auch nicht in dem Maße als das Kochsalz, günstig; bei den Rüben und Kartoffeln verhält sie sich indifferent. Die Chlormagnesia kommt, da sie im Kainit und 40prozent. Kalisalz nur in geringer Menge vorhanden ist, praktisch nicht oder weniger in Frage.

Wie sieht es nun mit der Wirkung der Nebensalze auf dem freien Felde aus? Wagner[1]) prüfte auf verschiedenen Bodenarten chlornatriumfreie Kalisalze im Vergleich zum 40prozent. Kalisalz und Kainit und stellte bei diesen seinen Feldversuchen folgende Mittelerträge fest:

Auf 1 ha dz Körner bezw. Rüben:[2])

	Kalifreie Düngung	Chlornatriumfreie Kalisalze	40prozent. Kalisalz	Kainit
Hafer	27,0	27,4	29,4	28,7
Gerste	21,2	22,1	22,9	23,5
Weizen	20,8	20,1	21,1	22,6
Futterrüben	594,0	611,0	641,0	663,0
Zuckerrüben	201,0	216,0	249,0	248,0

Es hatten demnach bei diesen Versuchen das 40prozent. Kalisalz und der Kainit erheblich besser gewirkt als die chlornatriumfreien Kalisalze, was nur zurückgeführt werden kann auf die Nebensalze des 40prozent. Kalisalzes und des Kainits, in erster Linie auf das in ihm enthaltene Kochsalz. Bei dem Getreide hatten 40prozent. Kalisalz und Kainit ungefähr gleich gewirkt, jedenfalls sind die Unterschiede hier so gering, daß sie bei solchen Versuchen innerhalb der Fehlergrenze liegen. Der geringere Chlornatriumgehalt des 40prozent. Kalisalzes hatte also bei dem Getreide ausgereicht. Das gleiche war der Fall bei den Zuckerrüben, wo mit dem 40prozent. Kalisalz und dem Kainit ganz gleiche Mehrerträge erzielt wurden. Dagegen hatte der Kainit bei den Futterrüben besser abgeschnitten als das 40prozent. Kalisalz; es hat demnach bei diesen Versuchen das in dem 40prozent. Kalisalz enthaltene Kochsalz für die Futterrüben nicht ausgereicht. Im Durchschnitt wurden folgende Mehrerträge pro Hektar erzeugt:

Futterrüben.

Durch chlornatriumfreie Kalisalze	+ 17 dz Wurzeln
„ 40prozent. Kalisalz	+ 47 „ „
„ Kainit	+ 69 „ „

[1]) Arbeiten der D. L.-G. Heft 96, Jahrgang 1904.

[2]) Die Futterrüben sind zum Vergleich auf 10 %, die Zuckerrüben auf 25 % Trockensubstanz umgerechnet worden. Die Kartoffeln hatten bei den Wagnerschen Versuchen eine Kalireaktion so gut wie nicht gezeigt.

Zuckerrüben.

Durch chlornatriumfreie Kalisalze	+ 15 dz Wurzeln
„ 40prozent. Kalisalz	+ 48 „ „
„ Kainit	+ 47 „ „

Halmgewächse (Mittel aus Hafer, Gerste und Weizen).

Durch chlornatriumfrei Kalisalze	+ 0,2 dz Körner
„ 40prozent. Kalisalz	+ 1,7 „ „
„ Kaint	+ 2,2 „ „

Während bei diesen Versuchen von Wagner und auch bei verschiedenen anderen Versuchen die Futterrüben für die höheren Kochsalzgaben, welche ihnen in Form des Kainits geboten werden, sich dankbar erwiesen, zeigt es sich andererseits vielfach, daß auch die Futterrüben mit der geringeren Menge von Kochsalz befriedigt werden, die ihnen durch das 40prozent. Kochsalz zugeführt wird. So stellte z. B. der Verfasser auf dem humosen Lößlehmboden der Versuchswirtschaft Lauchstädt folgende Erträge fest:

Futterrüben.[1])

Grunddüngung: Chilesalpeter	Wurzeln auf 1 ha dz	Trockensubstanz %	Trockensubstanz auf 1 ha dz
40prozent. Kalisalz	564,6	14,38	81,2
40prozent. Kalisalz + Kochsalz	606,9	13,32	80,2
Kainit	600,3	13,54	81,2
Grunddüngung: schwefels. Ammoniak			
40prozent. Kalisalz	537,6	14,44	77,7
40prozent. Kalisalz + Kochsalz	568,9	13,39	76,2
Kainit	569,0	13,51	76,8

Sowohl neben dem Chilesalpeter als neben dem schwefelsauren Ammoniak hatte auch hier eine höhere Kochsalzgabe, mochte dieselbe als solche dem 40 %igen Kalisalz beigefügt, oder in Form des Kainits verabreicht worden sein, den Rohertrag nicht unerheblich gesteigert, dabei aber ist der prozentische Trockensubstanzgehalt der Wurzeln so erniedrigt worden, daß durch die höheren Kochsalzdüngungen die Erträge an Trockensubstanz nicht weiter gestiegen sind. Es hat also bei diesen Versuchen die niedrigere Kochsalzmenge, welche den Rüben in Form des 40prozent. Kalisalzes geboten wurde, für Höchstproduktionen ausgereicht. Daß dies auch unter sehr vielen anderen Verhältnissen der Fall ist, zeigen die vielen vergleichenden Feldversuche mit 40prozent. Kalisalz und Kainit, welche später bei der speziellen Düngung der Futterrüben besprochen werden sollen. Ebenso wie bei den Rüben wechselt auch der Einfluß einer höheren Kochsalzgabe bei dem Getreide. Es kommt vor, daß auf ein und demselben Boden eine höhere Kochsalzgabe in einem Jahre günstig wirkt, in einem anderen Jahre die Erträge nicht zu steigern vermag oder sogar etwas schädlich wirkt. Es mögen

[1]) Parzellen ohne Kali sind hier nicht vorhanden, da bei diesen Versuchen festgestellt werden sollte, ob sich die Stickstoffwirkung des Ammoniaks durch Kochsalz steigern läßt.

dies z. B. folgende Versuche zeigen, welche der Verfasser ebenfalls auf dem humosen Lößlehmboden der Versuchswirtschaft Lauchstädt anstellte.

Sommerweizen.

Grunddüngung: Chilesalpeter	Körner auf 1 ha dz 1912	1913
40prozent. Kalisalz	21,97	27,82
40prozent. Kalisalz + Kochsalz	22,94	28,14
Kainit	22,54	28,29
Grunddüngung: schwefels. Ammoniak		
40prozent. Kalisalz	19,53	26,71
40prozent. Kalisalz + Kochsalz	21,02	26,44
Kainit	20,46	26,69

Demnach hatte in dem einen Jahre (1912) die höhere Kochsalzdüngung, mochte dieselbe wieder als Beigabe zum 40prozent. Kalisalz oder in Form des Kainits erfolgt sein, die Körnererträge gesteigert, in dem anderen Jahre (1913) nicht beeinflußt.

Diesen Versuchsergebnissen entsprechend hat sich auch bei den vielen Feldversuchen, welche über die Wirkung des Kainits und des 40prozent. Kalisalzes angestellt wurden, beim Getreide mal der Kainit dem 40prozent. Kalisalz gegenüber als überlegen mal als nicht überlegen erwiesen.

Im Gegensatz zu den Rüben und dem Getreide erweist sich die Kartoffel als sehr empfindlich gegen Kochsalzgaben, besonders gegen höhere Kochsalzgaben. So stellte z. B. Baumann[1]) auf Moorboden, wo er vergleichend Kainit, 40prozent. Kalisalz und schwefelsaures Kali prüfte, folgende Erträge fest:

	Frühjahrsdüngung Knollen dz	Stärke %	Stärke dz
Kainit	135,8	16,25	22,14
40prozent. Kalisalz	172,5 + **36,7**	18,82 + **2,57**	32,47 + **10,33**
Schwefelsaures Kali	164,6 + **28,8**	20,25 + **4,00**	33,48 + **11,34**
	Herbstdüngung		
	Knollen dz	Stärke %	Stärke dz
Kainit	162,5	21,25	34,54
40prozent. Kalisalz	167,5 + **5,0**	22,00 + **0,75**	36,86 + **2,32**
Schwefelsaures Kali	153,8 — **8,7**	22,25 + **1,00**	34,24 — **0,30**

Demnach hatte bei der Frühjahrsdüngung am günstigsten gewirkt das chlorfreie schwefelsaure Kali, darauf folgt das 40prozent. Kalisalz und zum Schluß kommt der Kainit, welcher als Frühjahrsdüngung infolge seines hohen Gehaltes an Chlorsalzen die Stärkeprozente ganz erheblich herabgedrückt hatte. Ganz

[1]) Arbeiten der Deutschen Landwirtschafts-Gesellschaft, Heft 81.

anders gestaltete sich die Wirkung der Salze, wenn sie im Herbst verabreicht worden waren. In diesem Falle war das Chlor während des Winters ausgewaschen worden und der Kainit hatte hier ungefähr die gleiche Wirkung gezeigt als die anderen Kalisalze. Derartige Erscheinungen treten mehr oder weniger auch auf anderen Bodenarten ein und hiermit stehen im Einklang die vielen Feldversuche, welche auf den verschiedenen Bodenarten mit 40prozent. Kalisalz und Kainit ausgeführt wurden. Es hat auch bei diesen Versuchen das chlornatriumärmere 40prozent. Kalisalz als Kartoffeldünger fast durchweg besser abgeschnitten als der chlornatriumreichere Kainit.

Die obigen Zahlen zeigen, daß die verschiedenen Kulturpflanzen sich gegen die beiden Kaliformen Kainit und 40prozent. Kalisalz verschieden verhalten, daß die Getreidearten und die Rüben für höhere Kochsalzgaben, wie sie ihnen in Form von Kainit geboten werden, oft dankbar sind, jedenfalls dieselben ihnen im allgemeinen nicht schaden, während die Kartoffeln sehr empfindlich gegen höhere Kochsalzgaben sind. Aus diesem Grunde kann man dem Getreide und den Rüben die Kalidüngung auch auf den besseren Böden in Form von Kainit (Sylvinit, Hartsalz) geben, wenn man eine mechanische Verschlechterung des Bodens durch diese Salze nicht zu befürchten hat, während man den empfindlichen Kartoffeln die Kalidüngung am besten immer in Form des 40prozent. Kalisalzes gibt, nicht nur auf den besseren Böden, sondern auch auf den leichteren. Will man der Kartoffel die Kalidüngung in Form von Kainit geben, so hat dieselbe im Herbst stattzufinden, damit während des Winters das Chlor ausgewaschen wird.

Allgemeines über die Anwendung der Staßfurter Kalisalze.

Die Kalkdüngung ist abhängig zu machen:

1. Von den Bodenarten. Das Kalibedürfnis der verschiedenen Böden ist ein sehr verschiedenes. Das aufnehmbare Kali hat seinen Sitz in den abschlämmbaren Bestandteilen des Bodens und im allgemeinen entspricht der Gehalt des Bodens an aufnehmbarem Kali dem Gehalte des Bodens an abschlämmbaren Bestandteilen. Aus diesem Grunde zeigen die an abschlämmbaren Teilen armen Bodenarten, die Sand- und Moorböden, ein stärkeres Kalibedürfnis, als die an abschlämmbaren Teilen reicheren Bodenarten, die Lehm- und Tonböden. Jedoch gibt es zahlreiche Fälle, in welchen bessere Böden ebenso dankbar sind für eine Kalidüngung wie leichtere. Hierfür dürften die beiden folgenden Gründe anzusehen sein: 1. Es ist das Kalibedürfnis der Ernten auf den besseren Böden infolge ihrer größeren Produktionsfähigkeit meist ein weit höheres als das der Ernten auf den leichteren Böden. 2. Es ist die Löslichkeit des Kalis der besseren Böden eine geringere als die des Kalis der leichten Böden. Wenn auch die kalireicheren Böden meist größere absolute Mengen von Kali an die Pflanzen abgeben, so wird doch prozentisch das Kali der besseren Böden erheblich schlechter

ausgenutzt als das der leichteren Böden (s. S. 189—190). So kommt es, daß auch die besseren Böden einen Zuschuß von Kali notwendig haben, wenn Höchstproduktionen erzielt werden sollen. Erfolgt dieser Zuschuß nicht in Form einer ausreichenden Stalldüngergabe, so hat er zu erfolgen durch eine Düngung mit Staßfurter Kalisalzen. Wenn auf den besseren Böden mit den Staßfurter Kalisalzen nicht die Erfolge erzielt werden wie auf den leichten Böden, so ist dies zum großen Teil mit darauf zurückzuführen, daß die Viehhaltung auf den besseren Böden eine stärkere ist als auf den leichten, daß also das Kalibedürfnis der besseren Böden durch Stallmistdüngungen mehr befriedigt wird, als das der leichten.

2. **Von der Pflanzenart.** Der Kalibedarf der verschiedenen Kulturpflanzen ist ein sehr verschiedener und auch das Aneignungsvermögen für das Bodenkali ist bei den verschiedenen Kulturpflanzen ein sehr verschiedenes. So betrug z. B. bei den statischen Versuchen der Versuchswirtschaft Lauchstädt die Kalientnahme pro Hektar:

Parzellen ohne Kalidüngung (Durchschnitt von 7 Jahren).

	Ungedüngt	Stickstoff u. Phosphorsäure
Zuckerrüben	129 kg Kali	152 kg Kali
Kartoffeln	61 „ „	65 „ „
Weizen	60 „ „	76 „ „
Gerste	36 „ „	51 „ „

Hiernach hat die Zuckerrübe das größte Aneignungsvermögen für das Bodenkali gezeigt; sie hat dem Boden ungefähr 2mal soviel Kali entnommen als die Kartoffel und der Weizen und ungefähr 3mal soviel als die Gerste.

Welch ganz andere Mengen von Kali die Feldfrüchte bei voller Düngung aufnehmen, zeigen folgende in der Versuchswirtschaft Lauchstädt ermittelte Zahlen:

Parzellen: Volldüngung.

	Große Schläge Stalldünger zu den Wurzelfrüchten kg Kali	Statische Versuche Stalldünger zu den Wurzelfrüchten kg Kali	Statische Versuche Dauernd ohne Stalldünger kg Kali
Futterrüben	237	—	—
Zuckerrüben	214	241	218
Kartoffeln	—	198	124
Hafer	114	—	—
Winterroggen	105	—	—
Winterweizen	83	126	109
Sommergerste	80	84	69

Aus diesen Zahlen ist der verschiedene Kalibedarf unserer Kulturpflanzen ersichtlich.

Von den Wurzelfrüchten haben sich nach vielen Versuchen als am kalidüngebedürftigsten erwiesen die Kartoffeln und die Futterrüben, weniger die Zuckerrüben, welche vermöge ihres tiefgehenden Wurzelsystems das Bodenkali

am besten auszunutzen vermögen. Von den Halmfrüchten haben sich am kalidüngungsbedürftigsten gezeigt die Sommergerste und der Weizen, besonders der Sommerweizen.

3. Von der Stallmistdüngung. Durch die Stallmistdüngung führen wir dem Boden große Mengen von Kali zu. Gewöhnlicher Stalldünger enthält durchschnittlich 0,70% Kali. Demnach führen wir dem Boden z. B. durch 200 dz Stalldünger pro Hektar 140 kg Kali zu. Das Stalldüngerkali ist auch den Pflanzen leicht zugänglich. So wurden z. B. bei den statischen Versuchen der Versuchswirtschaft Lauchstädt folgende Kalimengen aufgenommen:

	Zuckerrüben mit der Nachfrucht Gerste		Kartoffeln mit der Nachfrucht Weizen	
	kg	%	kg	%
Aus 200 dz Stalldünger mit 136 kg Kali	65,8	47,5	104,8	78,2
„ 40prozent. Kalisalz „ 200 „ „	97,4	48,7	105,4	52,7

Die Früchte hatten also das Stallmistkali vorzüglich ausgenutzt, ganz besonders die Kartoffeln.

Demnach kann eine Kalidüngung neben Stalldünger nicht die Wirkung zeigen, als eine solche ohne Stalldünger. Es zeigen dies z. B. auch wieder die statischen Versuche der Versuchswirtschaft Lauchstädt, bei welchen im Durchschnitt von 7 Jahren folgende Mehrerträge durch die Kalidüngung erzielt wurden:

Zuckerrüben.

	Ohne Stalldünger				200 dz Stalldünger auf 1 ha			
	Wurzeln	Zucker		Kraut	Wurzeln	Zucker		Kraut
	dz	%	dz	dz	dz	%	dz	dz
Stickstoff + Phosphorsäure + Kali	416,2	17,93	74,73	325,9	436,3	17,92	78,33	369,7
Stickstoff + Phosphorsäure	406,3	17,31	70,13	319,3	434,5	17,83	77,82	336,8
Durch Kalidüngung	**+ 9,9**	**+0,62**	**+4,60**	**+6,6**	**+ 1,8**	**+0,09**	**+0,51**	**+32,9**

Eine Mehrernte an Wurzeln und Zucker hatte die Kalidüngung da erzeugt, wo die Rüben nicht in Stalldünger standen, während sie neben Stalldünger die Wurzelernte nicht erhöht hatte. In ziemlich erheblichem Maße, und zwar um 0,62%, war in ersterem Falle der Zuckergehalt durch die Kalidüngung erhöht worden, so daß auf den Kaliparzellen auf 1 ha 4,60 dz Zucker mehr gewonnen wurden. Hiermit stimmen auch sämtliche anderen Feldversuche überein, so daß an der Tatsache, daß bei unseren jetzigen hochgezüchteten Rüben der Zuckergehalt durch die Kalidüngung erhöht wird, nicht mehr zu zweifeln ist. Anders lag die Sache früher bei den alten Rübensorten, bei denen die Kalidüngung oft Zuckerniedrigungen hervorrief. Wo die Rüben in Stalldünger standen, war eine Kaliwirkung im Wurzel- und Zuckerertrage nicht zum Ausdruck gekommen, ein Zeichen dafür, daß das in 200 dz Stalldünger enthaltene Kali für eine Höchstproduktion ausgereicht hatte.

Kartoffeln.

	Ohne Stalldünger			200 dz Stalldünger auf 1 ha		
	Knollen	Stärke		Knollen	Stärke	
	dz	%	dz	dz	%	dz
Stickstoff + Phosphorsäure + Kali	221,1	17,27	38,20	259,3	16,27	42,47
Stickstoff + Phosphorsäure . . .	158,4	17,66	28,05	245,1	17,33	42,46
Durch Kalidüngung	+ 62,7	— 0,39	+ 10,15	+ 14,2	— 1,06	+ 0,01

Diese Zahlen zeigen das außerordentlich starke Kalibedürfnis der Kartoffel. Es wurden da, wo die Kartoffeln nicht in Stalldünger standen, nicht weniger als 62,7 dz Knollen mit 10,15 dz Stärke mehr geerntet. Anders lag die Sache da, wo die Kartoffeln Stalldünger erhalten hatten. Hier waren Vorteile durch die Kaligabe nicht erzielt worden. Zwar war die Ernte durch die Kaligabe noch um 14,2 dz Knollen gestiegen, der prozentische Stärkegehalt war aber derartig herabgedrückt, daß eine höhere absolute Menge von Stärke auf 1 ha nicht erzielt wurde. Das in 200 dz Stalldünger enthaltene Kali hatte für die Kartoffeln ausgereicht.

Weizen.

	Vorfrucht: Kartoffeln ohne Stalldünger		Vorfrucht: Kartoffeln 200 dz Stalldünger	
	Körner	Stroh	Körner	Stroh
	dz	dz	dz	dz
Stickstoff + Phosphorsäure + Kali . . .	37,07	71,27	38,23	79,47
Stickstoff + Phosphorsäure	32,13	64,72	39,11	75,85
Durch Kalidüngung	+ 4,94	+ 6,55	— 0,88	+ 3,62

Es war also durch die Kalidüngung da, wo die Vorfrucht keinen Stalldünger erhielt, die nennenswerte Mehrernte von 4,94 dz Körner auf 1 ha erzeugt, während da, wo die Vorfrucht Stalldünger erhielt, eine Kalireaktion nicht vorhanden war. Wie bei der Phosphorsäure, so hatte auch hier das Kali des zur Vorfrucht gegebenen Stalldüngers für Höchsternten ausgereicht.

Gerste.

	Vorfrucht: Rüben ohne Stalldünger		Vorfrucht: Rüben 200 dz Stalldünger	
	Körner	Stroh	Körner	Stroh
	dz	dz	dz	dz
Stickstoff + Phosphorsäure + Kali . . .	32,80	44,18	33,35	48,01
Stickstoff + Phosphorsäure	31,72	42,82	33,33	46,21
Durch Kalidüngung	+ 1,08	+ 1,36	+ 0,02	+ 1,80

Es hatte als auch für die Gerste das Kali des zur Vorfrucht gegebenen Stalldüngers ausgereicht, während die Kalidüngung da, wo die Vorfrucht nicht in Stalldünger stand, die Ernte erhöht hatte.

Diese Versuche zeigen, daß die Pflanzen da, wo sie in Stalldünger stehen, entweder kein Kali oder viel weniger gebrauchen als da, wo sie nicht in Stalldünger stehen und daß auch die Nachwirkung des Stalldüngers zu berücksichtigen ist, insofern, als eine in 2. Tracht stehende Frucht nicht in dem Maße eine Kalidüngung nötig hat, als eine in 3., 4. oder späterer Tracht stehende Frucht. Neben hohen Gaben von Stalldünger, besonders von gutem Stalldünger, von welchem die Jauche nicht abgeflossen ist, gebrauchen die Wurzelfrüchte im allgemeinen keinen Zuschuß von Staßfurter Kalisalzen, auch oft nicht auf den leichten Böden. Dagegen ist eine Kalidüngung meist notwendig, wenn sie in reiner Mineraldüngung', Gründüngung, Klee- und Luzernestoppel stehen, oder wenn sie einen schlechten Stalldünger erhielten, einen Stalldünger, von dem die kalireiche Jauche abgeflossen ist. (Näheres hierüber bei der Düngung der einzelnen Kulturpflanzen.)

Die Form der Kalisalze. Die beiden für die deutsche Landwirtschaft hauptsächlich in Frage kommenden Kaliformen sind, wir gesehen haben, der Kainit (Sylvinit, Hartsalz) und das 40prozent. Kalisalz. Im allgemeinen eignen sich die ersteren Salze mehr für die leichten Böden, das 40prozent. Kalisalz mehr für die besseren Böden, welche durch höhere Salzgaben, wie solche bei Kainitdüngung stattfinden, leicht eine Verkrustung erfahren. Jedoch ist, wie wir ebenfalls schon gesehen haben, die Form der Kalidüngung auch von den einzelnen Kulturpflanzen abhängig zu machen. Dankbar für die Nebensalze des Kainits sind auf vielen Böden die Getreidearten und die Rüben, empfindlich gegen die Nebensalze die Kartoffeln. Aus diesem Grunde kann man dem Getreide und den Rüben auch auf besserem Boden die Kalidüngung in Form von Kainit geben, wenn eine Verkrustung durch denselben nicht befürchtet wird, während man der empfindlichen Kartoffel die Kalidüngung nicht nur auf dem besseren, sondern auch auf dem leichten Boden am besten in Form des 40prozent. Kalisalzes gibt.

Die Zeit und Art der Anwendung der Kalidüngung. Sollen die Kalisalze im Herbst oder Frühjahr gegeben werden? Über diese Frage sind u. a. zahlreiche Versuche vom Verfasser, D. Meyer und F. Münter angestellt worden. Dieselben haben zu folgenden Ergebnissen geführt:

Mehrerträge pro Hektar im Durchschnitt mehrjähriger Versuche:

Kartoffeln.

	Kali-Herbstdüngung			Kali-Frühjahrsdüngung		
	Knollen	Trocken-Subst.	Stärke	Knollen	Trocken-Subst.	Stärke
	dz	dz	%	dz	dz	%
Sandboden a) . . .	+ 27,0	+ 5,2	− 0,8	+ 46,8	+ 7,4	− 2,2
„ b) . . .	+ 60,2	+ 12,2	− 1,1	+ 62,6	+ 11,4	− 2,2
Lehmiger Sandboden	+ 21,9	+ 4,3	− 0,6	+ 25,7	+ 3,9	− 1,5
Lößlehmboden . . .	+ 35,2	+ 8,9	− 0,3	+ 32,5	+ 7,0	− 0,7

Zuckerrüben.

	Kali-Herbstdüngung			Kali-Frühjahrsdüngung		
	Wurzeln	Trocken-Subst.	Zucker	Wurzeln	Trocken-Subst.	Zucker
	dz	dz	%	dz	dz	%
Lehmiger Sandboden	+ 31,3	+ 7,1	+ 0,2	+ 16,5	+ 5,1	+ 0,4
Lößlehmboden . . .	+ 12,1	+ 4,7	+ 0,4	+ 7,8	+ 3,1	+ 0,4

Futterrüben.

	Wurzeln	Trocken-Subst.	Trocken-Subst.	Wurzeln	Trocken-Subst.	Trocken-Subst.
	dz	dz	%	dz	dz	%
Lößlehmboden . . .	+ 55,3	+ 4,1	— 0,4	+ 45,6	+ 3,0	— 0,4
Tonboden	+ 28,0	+ 3,6	+ 0,3	+ 40,0	+ 2,9	— 0,4

Weizen.

	Körner	Körner
	dz	dz
Lößlehmboden	+ 2,81	+ 2,31
Schwerer Lehmboden	+ 1,24	+ 1,34

Diese Zahlen zeigen:

1. Daß die Herbstdüngung bei allen Früchten auf dem Tonboden, dem Lößlehmboden und auch auf dem lehmigen Sandboden besser abgeschnitten hat, als die Frühjahrsdüngung. Die erzeugten Trockensubstanzmengen, auf die es ja in erster Linie ankommt, waren bei der Herbstdüngung überall höher als bei der Frühjahrsdüngung. Bei den empfindlichen Kartoffeln und auch zum Teil bei den Futterrüben wurden durch die Frühjahrsdüngung die Stärke- bezw. Trockensubstanzprozente stark herabgedrückt, während dies bei der Herbstdüngung längst nicht in dem Maße der Fall war. Anders hatten sich bezüglich der Beeinflussung der Qualität die Zuckerrüben verhalten; bei ihnen waren die Zuckerprozente durch die Kalidüngung nicht herabgedrückt, sondern sowohl bei der Herbstdüngung als auch bei der Frühjahrsdüngung durch dieselbe erhöht worden. Dies ist auf die Züchtung der Zuckerrüben zurückzuführen (s. Düngung der Zuckerrüben).

2. Daß die Herbstdüngung auf den leichten Sandböden das eine Mal besser, das andere Mal schlechter abgeschnitten hat als die Frühjahrsdüngung. In nassen Wintern können bei diesen schwach absorbierenden Bodenarten größere Mengen von Kali ausgewaschen werden, während in weniger nassen Wintern auch hier nur geringe Verluste stattfinden werden.

Nach den Ergebnissen dieser und anderer Versuche gibt man die Kalidüngung auf allen mittleren und besseren Böden ganz zweckmäßig schon im Herbst oder Winter, wobei man die Kalisalze, um eine Verkrustung des Bodens zu verhindern, am besten unterpflügt, was besonders bei höheren Gaben, so wie solche bei Anwendung von Kainit stattfinden, zu empfehlen ist. Gibt man die Kalisalze erst im Frühjahr, so tue man dies nicht kurz vor der Bestellung. Auf den

Sandböden wird man zu Winterfrüchten die Kalidüngung auch schon im Herbst oder teilweise im Herbst geben, während die Frage der Kalidüngung zu den Sommerfrüchten von Fall zu Fall zu entscheiden ist. Um so leichter der Boden, und um so reichlichere Niederschläge in der betreffenden Gegend während des Winters fallen, um so vorsichtiger muß man mit der Herbstdüngung sein. Wesentliche Nachteile scheint aber auch in solchem Falle die Herbstdüngung gegenüber der Frühjahrsdüngung nicht zu bringen. Größere Mengen von Kalisalzen — es betrifft dies besonders die Kainitdüngung — sind keinesfalls kurz vor der Bestellung zu verabreichen, da durch so hohe Salzgaben nicht nur der Boden an der Oberfläche verkrustet, sondern auch die Keimung und die erste Entwicklung der Pflanzen geschädigt werden. Eine solche Schädigung tritt besonders in trocknen Frühjahren ein.

Die Höhe der Kalidüngung. Vorratsdüngungen, wie solche bei der Phosphorsäure stattfinden können, sind bei der Kalidüngung nicht am Platze und zwar aus folgenden Gründen:

1. Das Kali erleidet dann größere oder kleinere Verluste durch Auswaschen, besonders auf den leichten Bodenarten. In seiner Beweglichkeit im Boden steht das Kali zwischen dem Stickstoff und der Phosphorsäure. Es wird nicht so leicht ausgewaschen wie der Stickstoff, dagegen leichter als die Phosphorsäure, welche, wie wir sahen, gar keine oder nur ganz geringe Verluste erleidet.

2. Alle schwereren und besseren Böden erleiden durch derartig hohe Salzgaben eine mechanische Verschlechterung.

3. Die Pflanzen treiben mit dem Kali eine Luxusaufnahme. Sie nehmen, wenn ihnen große Überschüsse an Kali geboten werden, dasselbe unnütz in höherem Maße auf und mit dieser höheren Salzaufnahme ist bei einer Reihe von Kulturpflanzen auch noch eine Verschlechterung der Qualität verbunden.

Aus diesem Grunde muß man die Höhe der Kalidüngung den einzelnen Kulturpflanzen nach Möglichkeit anpassen, wenn man auch mit der Kalidüngung nach dieser Richtung hin nicht so ängstlich vorzugehen braucht wie mit der Stickstoffdüngung.

Im allgemeinen können folgende Kaligaben als zweckmäßig angesehen werden:

Rüben und Kartoffeln, ohne Stalldünger: 3 dz 40prozent. Kalisalz oder 6—8 dz Kainit.

Rüben und Kartoffeln, in Stalldünger (je nach Menge und Qualität desselben): 0—2 dz 40prozent. Kalisalz oder 0—4 dz Kainit.

Getreide, ohne Stalldünger: $1^1/_2$—2 dz 40prozent. Kalisalz oder 3—4 dz Kainit.

Getreide, in Stalldünger: kein Kali.

Die höheren Salzgaben sind im Herbst zu verabfolgen und dabei unterzupflügen oder sie müssen in Form geteilter Gaben stattfinden.

Preise und Lieferungsbedingungen für die Kalisalze.

Über den Absatz der Kalisalze ist im Jahre 1910 ein Reichsgesetz erlassen worden, welches die Preise festlegt und allgemein den Handel mit denselben regelt.

Für den landwirtschaftlichen Verbrauch der Kalisalze innerhalb des Deutschen Reiches sind folgende Preise pro Doppelzentner ab Werk festgesetzt worden:

1. Carnallit	mit	9 %	Kali 0,765 M
		10 %	„ 0,85 M
		11 %	„ 0,935 M
2. Kainit-Hartsalz und Sylvinit	mit	12 %	„ 1,20 M
(oder auf Verlangen Carnallit		13 %	„ 1,30 M
mit 12—15 % Kali)		14 %	„ 1,40 M
		15 %	„ 1,50 M
3. Kalidüngesalze	mit	20 %	„ 2,80 M
		21 %	„ 2,94 M
		22 %	„ 3,08 M
		30 %	„ 4,35 M
		31 %	„ 4,495 M
		32 %	„ 4,64 M
		40 %	„ 6,20 M
		41 %	„ 6,355 M
		42 %	„ 6,51 M

Für Beimischung von $2^1/_2$ % Torfmull erhöht sich der Preis um 10 Pf.

Alle Preise verstehen sich für 100 kg = 1 dz, ohne Sack, mit $1^1/_2$ % Skonto ab Werk. Für die Überführung vom Werk bis zur Versandstation werden 4 Pf. für jeden Doppelzentner berechnet, dagegen ist den Abnehmern die seitens der Abgangsstation berechnete Anschlußgebühr zu vergüten.

Der 100 kg fassende Sack wird bei Carnallit, Kainit-Hartsalz und Sylvinit mit 0,58 M, bei Kalidüngesalz mit 0,63 M berechnet. Für Extrapackungen in 75- und 50 kg-Säcken berechnet das Werk die ihm erwachsenden höheren Selbstkosten. Für eine mehr als zweimalige Ladeeinteilung einer Salzsorte innerhalb eines Waggons sind die Werke zur Erhebung eines besonderen Aufschlages berechtigt. Gewichtsreklamationen der einzelnen Mengen können, sofern das Gesamtgewicht stimmt, nur unter besonderen Umständen berücksichtigt werden.

Sofern Torfmullbeimischung verlangt wird, erhöhen sich die Sackpreise um 3 Pf. für den 100 kg-Sack.

Die Säcke werden gemäß ihrem Inhalte gezeichnet, z. B. Kainit 12 bis 15 %, Kalidüngesalz 40—42 %.

Verkaufs-Bedingungen.

§ 1.

Die Berechnung erfolgt auf Grund der Werksanalyse aus der Probe des vereidigten öffentlichen Probenehmers, der nicht Beamter des Syndikats oder der

Werke ist, sondern von der zuständigen Handelskammer angestellt wird. Bei der Berechnung wird nach unten auf ganze Prozente gemäß den aufgeführten Gehaltsstufen abgerundet.

Wird Carnallit der Stufe 1 abgerufen, so erfolgt die Lieferung innerhalb der Gehaltslagen von 9—11 %, bei Abruf von Kainit-Hartsalz oder Carnallit der Stufe 2 und Sylvinit in den Gehaltslagen von 12—15 %, bei Kalidüngesalz von 20—22 % bezw. 30—32 % oder 40—42 % nach Wahl der Lieferwerke. Vorschriften bezüglich Lieferung bestimmter Gehalte können nicht angenommen werden.

Gehalte über 11 % bezw. 15 %, 22 %, 32 % und 42 % werden von den Werken nicht berechnet und dürfen seitens der Wiederverkäufer dem Verbraucher auch nicht in Rechnung gestellt werden.

Kainit-Hartsalz, Sylvinit und Kalidüngesalze können nach Wahl der Lieferwerke als Rohsalz, als Mischung von Rohsalz und Fabrikat oder als Fabrikat geliefert werden.

§ 2.

Die Frachtberechnung erfolgt auf Grund von 3 Frachtparitätsstationen, nämlich Staßfurt, Vienenburg und Salzungen. Der Käufer hat die Fracht zu tragen, welche seitens der Eisenbahnverwaltung von der zunächst gelegenen Frachtparitätsstation bis zur Empfangsstation zur Erhebung gelangt. Frachtunterschiede werden in den Fakturen verrechnet. Die Frachtsumme wird auf Anfrage vorher bekannt gegeben.

Für Stationen, welche mehr als 500 km von den oben genannten Frachtparitätsstationen entfernt liegen, kommt bei Berechnung der Fracht eine Vergütung von 10 %, für solche, die mehr als 600 km entfernt sind, eine Vergütung von 15 %, für diejenigen, deren Entfernung mehr als 700 km beträgt, eine Vergütung von 20 % und schließlich für alle Stationen, die mehr als 750 km von den Frachtparitätsstationen entfernt liegen, eine solche von 25 % der Frachtsumme mit der Maßgabe in Anrechnung, daß für die weiter gelegenen Stationen wenigstens der 500, 600, 700 bezw. 750 km-Tarifsatz nicht unterschritten wird.

Für die Berechnung gilt das auf dem Werk festgestellte Verladegewicht. Gewichtsreklamationen sind unter Beibringung eines bahnamtlichen Wiegescheines innerhalb 8 Tagen nach Empfang der Ware anzubringen. Für Gewichtsverluste auf dem Transport oder beim Auswiegen haben die Werke nicht aufzukommen.

Der Frachtbriefstempel geht in allen Fällen zu Lasten des Empfängers.

§ 3.

Die Syndikatswerke berechnen die Kalisalze direkt an die Besteller. Die Zahlung hat seitens der Besteller unmittelbar an das **liefernde Werk — nicht** an das Syndikat — **portofrei für** die Fakturen vom 1.—15. eines jeden **Monats** spätestens bis zum 1. des nächsten Monats und für die Fakturen vom 16. bis Ende eines jeden Monats spätestens bis zum 15. des nächsten Monats mit 1½ % Skonto auf den Bruttopreis der Ware ohne Frachtzuschlag und Über-

führungsgebühr zu erfolgen. Der Bruttopreis ist z. B. für Kainit mit 12 % Kali 120 M, für Düngesalz 41 % 635,50 M für 10000 kg. Ist die Zahlung nicht innerhalb obiger Fristen erfolgt, so erlischt das Recht auf Skontoabzug. Ein längeres als das angegebene Ziel wird seitens des Kalisyndikats bezw. der Werke nicht gegeben. Die Begleichung der Rechnungen darf bei etwaigen Mindergehalts- oder Gewichtsreklamationen nicht verzögert werden.

Das Kalisyndikat ist berechtigt, von unbekannten Bestellern Vorausbezahlung zu verlangen und die Lieferung an bekannte Besteller jederzeit von einer ihm genügenden Bürgschaft abhängig zu machen.

Die Auswahl der Lieferwerke steht dem Syndikat zu. Diesbezügliche Vorschriften auf den Abrufzetteln werden lediglich als Wünsche angesehen und können nur berücksichtigt werden, soweit dies die Syndikatsinteressen zulassen. Die Lieferwerke behalten sich das Recht vor, Aufträge, die an vorgeschriebenen Terminen erledigt werden sollen, einige Tage früher oder später zur Ausführung zu bringen.

Als Erfüllungsort gilt für Lieferungen und deren Bezahlung, soweit Rechnung vom Lieferwerke ausgestellt ist, der Betriebssitz des Lieferwerkes, im übrigen aber der Sitz des Kalisyndikats G. m. b. H. in Berlin.

§ 4.

Jedes Werk leistet dafür Gewähr, daß jeder einzelnen Sendung von mindestens 10000 kg der berechnete Kaligehalt innewohnt. Aus jedem Waggon von mindestens 10000 kg wird vor Abgang der Ware auf dem Werke durch einen vereidigten öffentlichen Probenehmer ein Muster entnommen. Bei Sendungen, welche aus mehreren Waggons bestehen, dürfen die Muster nicht etwa zu einem einzigen vereinigt werden, sondern jeder Waggon wird für sich bemustert, analysiert und berechnet. Von den einzelnen Mustern werden mindestens je 3 etwa 200 g fassende Gläser gefüllt, die von dem Probenehmer zu versiegeln sind. Von den Proben wird eine zur Analyse auf dem Werke verwendet, die anderen werden unter Verschluß 5 Wochen lang und, sofern eine Beschwerde einläuft, bis zur Erledigung derselben aufbewahrt.

Wünscht der Empfänger die Nachprüfung einer Sendung auf Grund der auf dem Kaliwerke gezogenen Proben, so hat er unter Bezeichnung des Eisenbahnwagens das liefernde Werk um Übersendung eines Probeglases zur Kontrollanalyse an eine deutsche staatliche oder unter öffentlicher Aufsicht stehende Versuchsanstalt oder an einen deutschen öffentlichen Handelschemiker zu ersuchen.

Es steht dem Empfänger frei, auch seinerseits am Bestimmungsorte Proben von der Sendung zu nehmen. Für die Empfängerprobe gelten die vom Bundesrat erlassenen Vorschriften, die auf Verlangen übersandt werden.

Die Entnahme der Proben hat unmittelbar bei Ankunft der Sendung durch einen Beamten einer deutschen staatlichen oder unter öffentlicher Aufsicht stehenden Versuchsanstalt oder einen deutschen öffentlichen Handelschemiker oder einen vereideten, öffentlich angestellten Probenehmer oder, sofern ein solcher Sachverständiger nicht erreichbar ist, unter Zuziehung eines unbeteiligten einwandfreien, mit diesen Bestimmungen bekannt zu machenden Zeugen zu erfolgen. Die

Proben sind mit Probestechern aus der Mitte jedes fünften Sackes unter Ausschluß feuchter oder beschädigter Säcke oder bei loser Verladung an soviel verschiedenen Stellen zu entnehmen, daß auf je 5 Doppelzentner mindestens eine Probe entfällt; die Probestecher müssen bei loser Ware eine Schlitzlänge von mindestens 1 m, bei gesackter von mindestens 0,75 m haben. Die hierbei gewonnene Menge ist auf trockner und reiner Unterlage fein zu zerkleinern und sorgfältig zu mischen, worauf von ihr zwei etwa 200 g fassende, rein und trocken gehaltene Gläser zu füllen und mit einem vom Probenehmer ausgefertigten Zettel nach Muster zu bekleben sind. Ein gleicher Zettel ist zusammengefaltet in jedes Glas zu legen. Die Gläser sind zu versiegeln. Daß die Probe ordnungsmäßig gezogen ist, wird vom Probenehmer sowie von dem Zeugen unter Verwendung von Vordrucken nach dem umstehenden Muster in doppelter Ausfertigung bescheinigt. Von der Probe ist ein Glas mit einer Ausfertigung der vorstehenden Bescheinigung zur Kontrollanalyse an eine deutsche staatliche oder unter öffentlicher Aufsicht stehende Versuchsanstalt oder an einen deutschen öffentlichen Handelschemiker zu senden. Das zweite Glas ist mit der zweiten Ausfertigung der Bescheinigung mindestens fünf Wochen lang und, sofern Beschwerde erhoben wird, bis zur Erledigung der Beschwerde unter Verschluß aufzubewahren.

Beide Parteien sind befugt, die Kontrollanalyse zu beanstanden und eine Schiedsanalyse vornehmen zu lassen. Für die Schiedsanalyse ist eine von der Partei, welche die Probe für die Kontrollanalyse nicht gezogen hat, gemäß den gesetzlichen Bestimmungen gezogene Probe zu verwenden. Ist eine solche Probe nicht vorhanden, so ist auch für die Schiedsanalyse eine von der anderen Partei entnommene Probe zu verwenden. Den Empfängerproben ist eine Ausfertigung der Probenahmebescheinigung beizufügen. Sofern über die Wahl der Anstalt keine Verständigung zwischen den Parteien erzielt wird, hat die Verteilungsstelle für die Kaliindustrie zu entscheiden, von welcher Anstalt die Analyse ausgeführt werden soll. Für die endgültige Gehaltsberechnung maßgebend ist das Mittel aus der Schiedsanalyse und der Kontrollanalyse.

Die Kosten der Kontrollanalyse und der Schiedsanalyse trägt diejenige Partei, zu deren Ungunsten die Analyse ausgefallen ist.

Bei den Grundmarken jeder Gruppe ist ein Analysenspielraum von 0,4% Kali, die nicht vergütet werden, vorgesehen.

In Untergehaltsfällen werden für jedes angefangene Zehntel Prozent für Carnallit 1,35 M, für Kainit-Hartsalz und Sylvinit 1,80 M und für Kalidüngesalze 2,70 M für 10000 kg vergütet, jedoch nur dann, wenn der für die endgültige Berechnung maßgebende Gehalt bei Carnallit unter 8,6%, bei Kainit unter 11,6%, bei 20% Düngesalz unter 19,6%, bei 30% Düngesalz unter 29,6%, bei 40% Düngesalz unter 39,6% auskommt.

Für die höheren Marken wird ein Analysenspielraum von 0,5% Kali, die nicht vergütet werden, beansprucht. Wenn z. B. das Lieferwerk eine Sendung mit 14% berechnet, die Kontrollanalyse ergibt aber einen Gehalt von 13,5%, so tritt eine Vergütung nicht ein; ergibt sich aber ein Gehalt von z. B. 13,4%, so wird die Berechnung auf 13,0% reduziert. Der Analysenspielraum von 0,4

resp. 0,5% darf von den Werken nicht ausgenutzt werden, sondern soll lediglich eine Analysenfehlergrenze bedeuten.

Für Übergehalte, welche sich bei den Kontrollanalysen ergeben, kann das Werk keine Vergütung beanspruchen.

Reklamationen wegen Mindergehalts, die ausschließlich an das Kalisyndikat zu richten sind, können nur Berücksichtigung finden, wenn sie innerhalb 4 Wochen nach Abgang der Sendung unter Vorlegung der gesetzlich vorgeschriebenen Nachweise eingereicht sind.

§ 5.

Die Besteller der Ware übernehmen die ausdrückliche Verpflichtung, dafür zu sorgen, daß die bezogenen Kalisalze — auch in Form von Mischdünger — ausschließlich innerhalb der Grenzen des Deutschen Reiches zu landwirtschaftlichen Zwecken Verwendung finden. Ist gegen diese Bestimmung von den Bestellern oder von ihren Unterabnehmern verstoßen worden, so haben sie an das Kalisyndikat eine Vertragsstrafe in Höhe des Bruttopreises der außerhalb Deutschlands zur Verwendung gelangten Mengen zu zahlen.

Die Besteller und Empfänger einer Sendung Kalisalze übernehmen demgemäß die Verpflichtung, dem Syndikat auf Erfordern in glaubhafter Form den Nachweis zu liefern, daß die bezogene Ware ausschließlich zur landwirtschaftlichen Verwendung innerhalb der Grenzen des Deutschen Reiches gelangt ist. Kann dieser Nachweis nicht erbracht werden, so ist das Syndikat berechtigt, die Zuwiderhandlung als geschehen anzunehmen und von dem betreffenden Abnehmer die Zahlung der Vertragsstrafe in obiger Höhe zu fordern. Letztere ist verwirkt, gleichviel ob die widerrechtliche Ausfuhr durch den Besteller der Ware selbst oder durch dritte Hand erfolgt ist. Der Besteller hat also für die Handlungen seiner Käufer sowie aller Personen, in deren Hände die Ware gelangt, ebenso einzustehen wie für seine eigenen. Es bleibt ihm überlassen, sich seinerseits die Innehaltung der von ihm übernommenen Verpflichtungen bezüglich des Inlandsverbrauches der Ware von seinen Abnehmern verbürgen zu lassen.

Die Strafe ist an die Syndikatskasse zu entrichten und kann im Weigerungsfalle ohne weiteres aus einem etwaigen Guthaben oder einer hinterlegten Sicherheit des Käufers gedeckt werden. Außerdem hat der Käufer das Syndikat bezw. die ihm angeschlossenen Werke für die Folgen der Zuwiderhandlung schadlos zu halten.

Das Kalisyndikat behält sich ausdrücklich das Recht vor, Käufer, welche Kalisalze, die zum Inlandsverbrauch bezogen wurden, mittelbar oder unmittelbar nach dem Auslande offerieren, verkaufen oder liefern, von weiteren Bezügen auszuschließen. Dieselben begehen überdies einen Verstoß gegen das Reichskaligesetz.

§ 6.

Die Ware wird nach Wahl der Besteller entweder lose oder in neuen Werkssäcken geliefert. Säcke zum Füllen werden nicht angenommen.

Wiederverkäufern ist es untersagt, volle Wagenladungen lose bezogener Ware als solche gesackt zu verkaufen. Dieses Verbot trifft den Fall nicht, daß Landwirte lose bezogene Ware in eigenem Sackmaterial abfahren lassen oder Händler lose bezogene Ware in eigenem Sackmaterial einlagern oder in kleineren Mengen ab Waggon abgeben.

§ 7.

Landwirte und Händler, welche in der Nähe eines Kaliwerkes wohnen, sind berechtigt, nach vorheriger Vereinbarung mit dem betreffenden Werke Kalisalze mittels Fuhre abzuholen. Die so ausgelieferten Mengen dürfen nicht auf dem Bahn- und Wasserwege weiterbefördert werden. Eine Fracht kommt für dieselben nicht in Anrechnung, jedoch erhält das Lieferwerk eine Ladegebühr von 10 Pf. für 100 kg.

b) Der Phonolith.

Unter dem Namen Phonolith bezw. Vulkan-Phonolith werden seit einigen Jahren gemahlene Eruptivgesteine in den Handel gebracht, welche besonders in der Eifel in großen Ablagerungen vorkommen. Der zuerst in den Handel gebrachte Phonolith entstammte zum großen Teil dem dortigen Brenker Steinbruch, der später erschienene Vulkan-Phonolith dem Kempenicher Bruch. Über die Zusammensetzung dieser Phonolithe sind zahlreiche Untersuchungen und Versuche angestellt worden. Nach Untersuchungen von Immendorff[1]) ist der Kempenicher Vulkan-Phonolith ein Leuzitophyr, der aus einer feinkörnigen Nephelin-Grundlage besteht, in der zahlreiche rundlich erscheinende Leuzitkristalle und mehr vereinzelte größere Noseankristalle zur Ausscheidung gekommen sind. Der Brenker Phonolith ist gleichfalls ein Leuzitophyr von derselben Struktur, in welchem außerdem noch Sanidin zur Ausscheidung gelangt. Die Zusammensetzung dieser Phonolithe war nach Immendorff die folgende:

	Brenker Steinbruch (Westdeutsche Eisenb.-Ges.) Ausbildung I	Ausbildung II	Kempenicher Bruch Vulkan-Phonolith
	%	%	%
Kieselsäure (SiO_2)	50,69	51,16	50,54
Kalk (CaO)	3,40	2,26	2,71
Magnesia (MgO)	0,80	0,36	0,60
Kali (K_2O)	**7,50**	**9,36**	**8,71**
Natron (Na_2O)	12,00	—	—

Es lösten sich in 20prozent. Salzsäure, wenn das äußerst feine Pulver sechs Stunden damit geschüttelt wurde:

	Brenker Phonolithmehl Ausbildung I	Ausbildung II	Kempenicher Phonolithmehl (zwei verschiedene Muster)	
	%	%	%	%
Natron (Na_2O)	9,05	8,76	4,87	5,03
Kali (K_2O)	**3,08**	**2,99**	**3,35**	**3,13**

[1]) Arbeiten der Deutschen Landwirtschafts-Gesellschaft, Heft 245, 1913.

Wurden die Mehle sechs Stunden bei Zimmertemperatur mit 2prozent. Zitronensäurelösung geschüttelt, so löste sich:

	Brenker Phonolithmehl Ausbildung I	Brenker Phonolithmehl Ausbildung II	Kempenicher Phonolithmehl (zwei verschiedene Muster)	
	%	%	%	%
Natron (Na_2O)	8,08	7,03	4,36	5,32
Kali (K_2O)	**2,45**	**2,28**	**2,31**	**2,27**
Kieselsäure (SiO_2) . . .	23,16	26,75	21,61	22,14

Diese Zahlen zeigen, daß nur ein kleiner Teil des Kalis in verdünnten Säuren löslich ist; wasserlösliches Kali, wie die Staßfurter Kalisalze, enthalten die Phonolithe überhaupt nicht oder nur in Spuren. Gleichzeitig zeigen diese Zahlen, daß der Vulkan-Phonolith, welchem man eine bessere Wirkung zuschreibt, keine günstigere Zusammensetzung aufweist als der andere Phonolith.

Über die Wirkung der Phonolithe sind zahlreiche Vegetations- und Feldversuche ausgeführt worden, so von Feilitzen, Clausen, Hansen, Haselhoff, Hiltner, Honcamp, Krüger, Lemmermann, Mach, Neubauer, Oehme, Th. Pfeiffer, Popp, Remy, Rhodin, Robinson und Fry, Tacke, Wagner und dem Verfasser.

Diese sämtlichen Versuche haben gezeigt, daß die Phonolithe im Vergleich zu den Kalisalzen nur eine außerordentlich schwache Wirkung zeigen.

So wurden z. B. bei Versuchen, welche der Verfasser mit D. Meyer und F. Münter anstellte, folgende Ergebnisse gewonnen:

Vegetationsversuche.

Diese wurden ausgeführt auf einem Sandboden mit Futterrüben und Kartoffeln. Die geprüften Phonolithe zeigten folgende Zusammensetzung.

	Gesamt-Kali	In 10prozent. Salzsäure löslich
	%	%
Brenker Phonolith	9,24	3,17
Vulkan-Phonolith	6,67	4,57

Das Ergebnis dieser Versuche war das folgende:

Sandboden.

Düngung pro Gefäß	Mittelertrag von je 6 Gefäßen: Futterrüben Wurzeln frisch	Futterrüben Wurzeln Trockensubstanz	Kartoffeln Knollen frisch	Kartoffeln Knollen Trockensubstanz
	g	g	g	g
Ohne Kali	151,9	19,3	170,7	35,4
1 g K_2O Chlorkalium	**366,7**	**44,9**	**283,1**	**71,7**
1 g K_2O Schwefelsaures Kalium . . .	**378,3**	**48,1**	**289,0**	**73,3**
1 g K_2O Phonolith, alte Marke . . .	169,0	20,1	174,6	40,2
1 g K_2O Vulkan-Phonolith	181,5	23,2	160,6	37,5
1 g K_2O Leuzit	132,0	17,3	166,8	33,9

Wie aus diesen Zahlen ersichtlich, hat weder der alte Phonolith, noch der Vulkan-Phonolith, noch der italienische Leuzit eine nennenswerte Wirkung gezeigt, während das Chlorkalium und das schwefelsaure Kalium hohe Mehrernten erzeugten. Durch diese Salze waren die Rübenernten um über das Doppelte gesteigert worden. Ohne Kalidüngung wurden geerntet bei den Rüben 19,3 g Trockensubstanz, mit den Kalisalzen 44,9 bezw. 48,1, dagegen mit dem alten Phonolith nur 20,1, mit dem Vulkan-Phonolith 23,2, mit dem Leuzit 17,3. Ebenso liegen die Verhältnisse bei den Kartoffeln. Ohne Kalidüngung wurden geerntet 35,4 g Trockensubstanz, mit den Kalisalzen 71,7 bezw. 73,3, mit dem alten Phonolith nur 40,2, mit dem Vulkan-Phonolith 37,5, mit dem Leuzit 33,9.

Feldversuche.

Diese wurden ausgeführt auf dem Sandboden der Versuchswirtschaft Groß-Lübars, und zwar mit Kartoffeln, bei welchen der Phonolith nach den Angaben der Phonolith-Interessenten eine besonders gute Wirkung zeigen soll.

Der Phonolith ist teilweise längere Zeit vor der Bestellung, teilweise später als Kopfdüngung gegeben worden.

Sandboden.

Düngung auf 1 ha	Kartoffeln Ertrag auf 1 ha		Stärke		Mehrertrag		
	frisch	Trockensubstanz			frisch	Trockensubstanz	Stärke
	dz	dz	%	dz		dz	dz
Ohne Kali	130,0	32,73	17,50	22,75	—	—	—
120 kg K_2O, Vulkan-Phonolith (im Vorjahre ohne Kalidüngung)	147,0	36,79	17,60	25,87	17,0	4,06	3,12
120 kg K_2O, Vulkan-Phonolith (im Vorjahre mit Phonolithdüngung)	149,7	37,77	17,65	26,42	19,7	5,04	3,67
600 kg K_2O, Phonolith (alte Marke Vorratsdüngung)	147,6	37,01	17,84	26,33	17,6	4,28	3,58
120 kg K_2O, 40prozent. Kalisalz .	**191,5**	**45,75**	**17,25**	**33,03**	**61,5**	**13,02**	**10,28**

Wie aus diesen Zahlen ersichtlich, hatten die beiden Phonolithe eine gewisse Wirkung gezeigt, die aber nur sehr gering war im Vergleich zu der des 40prozent. Kalisalzes. Es betrugen die Mehrernten beim alten Phonolith 17,0 dz

frische Kartoffeln, beim Vulkan-Phonolith 19,7, bei der Vorratsdüngung mit Phonolith (fünffache Menge) auch nur 17,6 dz, während die Mehrernte beim 40prozent. Kalisalz 61,5 dz betrug. Demnach wurden durch das 40prozent. Kalisalz 3—4mal soviel frische Kartoffeln und, wie die Zahlen der Tabelle zeigen, auch 3mal soviel Stärke erzeugt, wie durch die Phonolithe.

Auch auf Wiesen zeigt der Phonolith nach Versuchen von Wagner nur eine schwache Wirkung. Es muß daher von der Anwendung des Phonoliths und des Vulkan-Phonoliths abgeraten werden.

Nun wird weiter behauptet, daß das Phonolithmehl noch besonders günstige Nebenwirkungen zeigen, vor allem die Stickstoffassimilation der niederen Organismen erhöhen soll. Daß eine solche günstige Nebenwirkung, mag es sich nur um eine Bodenverbesserung im allgemeinen oder um eine Stickstoffvermehrung handeln, dem Phonolith nicht zuzuschreiben ist, geht 1. daraus hervor, daß auch ganz hohe Gaben wie sie bei den obigen Felddüngungs-Versuchen stattfanden, keine nennenswerten Erfolge brachten und 2. daß ein mit Phonolithmehl gedüngter Boden nach längerer Lagerung keinen nachweisbar höheren Stickstoffgehalt als ein mit Kalisalz gedüngter aufweist. B. Heinze stellte z. B. bei einem Boden, welchem er die nötigen bakteriologischen Nährstoffe zusetzte, nach einer Lagerung von 9 Monaten folgenden Stickstoffgehalt[1]) fest.

	Stickstoff %
Boden + Kalisalz	0,077
Boden + Phonolithmehl auf Oberfläche gestreut	0,077
Boden + Phonolithmehl mit Boden gemischt	0,078

Demnach kann dem Phonolithmehl eine besondere Stickstoffbindung, die ihm zugeschrieben wird, nicht zugeschrieben werden. Gleichzeitig zeigt auch dieser Versuch, daß eine Oberflächendüngung bezüglich der Stickstoffvermehrung keine besonderen Vorteile bringt.

Aus allem geht hervor, daß dem Phonolithmehl weder als Kalidüngemittel noch als Bodenverbesserungsmittel eine praktische Bedeutung zuzuschreiben ist. Wenn man dem Phonolithmehl eine Rolle als Bodenverbesserungsmittel zuschreiben wollte, müßte man z. B. mindestens jeder guten Ackererde eine solche besondere Rolle für minderwertigere Böden zuschreiben und dann müßte auch jedes Düngemittel zu seinem Wert als Pflanzennährstoff noch einen Zuschlag als Bakteriennährstoff erhalten. Es muß also von der Anwendung des Phonoliths und des sog. Vulkan-Phonoliths abgeraten werden.

[1]) Anfangsstickstoffbestimmungen waren im Boden nicht ausgeführt worden, da mit diesem bakteriologischen Versuch ein anderer Zweck verfolgt werden sollte. Es sollte nur die Entwicklung der Organismen bei Gegenwart von Phonolithmehl im Vergleich zum Kalisalz geprüft werden.

4. Die Kalkdünger.

a) Kalksteinmehl und Mergel.

Kalksteinmehl und Mergel enthalten den Kalk in Form von kohlensaurem Kalk (CO_3Ca). Das aus dem Kalkstein durch Mahlen gewonnene Kalksteinmehl zeigt eine mehr härtere, der Mergel eine weichere, erdige Beschaffenheit. Der kohlensaure Kalk ist in reinem Wasser so gut wie unlöslich, dagegen löslich in kohlensäurehaltigem Wasser, unter Bildung von löslichem saurem, kohlensaurem Kalk. Das Bodenwasser löst um so mehr Kalk, um so mehr Kohlensäure es enthält. Daher lösen Böden, welche reichliche Mengen von Kohlensäure entwickeln, humusreiche Böden oder mit Stalldünger und Gründüngung gedüngte Böden, größere Mengen von Kalk, als humusärmere oder nicht gedüngte Böden. Außer der Kohlensäure wirken noch lösend auf den Kalk, und zwar in stärkerem Maße als die Kohlensäure, die Humussäuren und die von den Pflanzenwurzeln ausgeschiedenen Pflanzensäuren.

Der Gehalt des reinen kohlensauren Kalkes an Kalk (CaO) beträgt 56%. Dieser Gehalt wird von den in der Natur vorkommenden verschiedenen kohlensauren Kalkablagerungen im allgemeinen nicht erreicht. Der gemahlene Kalkstein und der reine Kalkmergel und Wiesenkalk enthalten 95—98% kohlensauren Kalk. Bei den meisten Mergelablagerungen, die mehr oder weniger stark mit sandigen und tonigen Bestandteilen durchsetzt sind, ist der Kalkgehalt ein niedrigerer; er schwankt außerordentlich. Die niedrigprozentigen Mergel können für die Düngung nur da in Frage kommen, wo sie an Ort und Stelle vorhanden sind, während die hochprozentigen bezogen werden können. Unter hochprozentigen Handelsmarken (Kalksteinmehle und Mergel) versteht man solche, welche ca. 85—90% kohlensauren Kalk und darüber enthalten; an Ort und Stelle vorhandener Mergel kann auch noch bei sehr niedrigem Gehalt bis 20% und darunter mit Vorteil angewendet werden.

In den Kalksteinmehlen, Mergeln und Wiesenkalken wird der Kalkgehalt in der Regel als kohlensaurer Kalk (CO_3Ca) und nicht als Kalk (CaO) angegeben. Soll daher aus dem Gehalt an kohlensaurem Kalk der Kalkgehalt berechnet werden, so ist, da der reine kohlensaure Kalk 56% Kalk (CaO) enthält, der Gehalt an kohlensaurem Kalk mit 0,56 zu multiplizieren.

Es entsprechen demnach z. B.:

20%	kohlensaurer	Kalk	(CO_3Ca)	11,2%	Kalk	(CaO)
30 „	„	„	„	16,8 „	„	„
40 „	„	„	„	22,4 „	„	„
50 „	„	„	„	28,0 „	„	„
60 „	„	„	„	33,6 „	„	„
70 „	„	„	„	39,2 „	„	„
80 „	„	„	„	44,8 „	„	„
90 „	„	„	„	50,4 „	„	„
100 „	„	„	„	56,0 „	„	„

Enthält der kohlensaure Kalk größere Mengen von kohlensaurer Magnesia, so spricht man von dolomitischen Kalken und Mergeln. Der Gehalt an kohlensaurer Magnesia ist ein sehr wechselnder und schwankt von sehr geringen Mengen bis 40% und darüber. Die dolomitischen Mergel und Kalksteinmehle sind den reinen Kalkmergeln und Kalksteinmehlen als gleichwertig anzusprechen.

Eine große Rolle spielt der Feinheitsgrad der Kalke; je feiner die Mahlung, desto besser die Wirkung. In dieser Beziehung genügen die in den Handel gebrachten Kalksteinmehle oft nicht den berechtigten Ansprüchen. So wurden z. B. durch Untersuchungen von D. Meyer[1]) folgende Feinheitsgrade festgestellt:

Kalkwert	Bezeichnung	Korngröße					
		> 5 mm	> 2 mm	> 1 mm	>0,5 mm Sieb Nr. 50	>0,2 mm Sieb Nr. 100 (Thomasmehlsieb)	<0,2 mm (Feinmehl)
1	Kalksteinmehl	0,80	1,55	9,63	23,38	13,17	51,47
2	„	4,12	5,45	17,66	23,12	12,10	37,55
3	„	0,00	0,00	0,20	14,76	22,04	63,00
4	„	0,00	0,15	17,95	28,63	13,26	40,00
5	„	0,00	0,00	7,78	21,24	14,88	56,10
6	„	0,00	0,00	0,00	4,05	21,41	74,54
7	„	0,00	2,15	9,24	21,79	20,32	46,50
8	„	0,00	0,00	0,00	0,32	9,66	90,02
9	„	0,00	0,00	0,16	0,43	4,38	95,03
10	„	0,00	0,00	1,11	26,52	17,48	54,89
11	Kalkmergel, sehr weich .	0,00	0,27	23,17	26,16	15,80	34,60
12	Kalkmergel, ziemlich hart	0,80	9,30	13,90	22,81	14,24	38,95

Hiernach waren folgende Schwankungen vorhanden:

Korngrößen von 1— 2 mm 0,0 —17,95%
„ „ 0,5— 1 „ 0,32—28,63 „
„ „ 0,2—0,5 „ 4,38—22,04 „
kleiner als 0,2 (Feinmehl) 37,55—95,03 „

Der Gehalt an Feinmehl (kleiner als Sieb Nr. 100) lag zwischen 37,55 und 95,03%, schwankte somit um das 2,5fache. In den beiden Kalkmergeln war der Feinmehlgehalt ebenfalls nicht höher als in den Kalksteinmehlen 2 und 4, doch ist bei ersteren zu beachten, daß der weiche Mergel leichter zerfällt und durch die Bodenbearbeitung eine weitere Verteilung erfährt. Immerhin wäre es wünschenswert, wenn nicht nur bei den härteren, sondern auch bei den weichen Formen des Kalkmergels eine feinere Mahlung stattfände, zumal dieselbe hier nur geringe Kosten verursachen kann. Bei einem großen Teile der untersuchten Kalksteinmehle genügte der Feinheitsgrad keineswegs. Nur drei Proben enthielten über 70% Feinmehl, die Mehrzahl dagegen wies weniger als 60% auf. Daß

[1]) Illustrierte Landw. Zeitung 1913, Nr. 84.

bei den Kalksteinmehlen vereinzelt eine feinere Mahlung stattfindet, zeigen die Proben 8 und 9 mit einem Feinmehlgehalt von 90,02 bezw. 95,03%. Es mag dahingestellt bleiben, ob ein derartig hoher Feinmehlgehalt auch bei Lieferung ganzer Wagenladungen erreicht wird.

D. Meyer schlägt vor, die Kalksteinmehle und Kalkmergel nach folgenden Grundsätzen zu handeln:

1. Den Gehalt der Kalksteinmehle und der gemahlenen Kalkmergel an Feinmehl (Absiebung mit Sieb Nr. 100) auf mindestens 70% festzusetzen, den Preis der Korngrößen zwischen 1 und 0,2 mm niedriger zu bemessen und den Anteil über 1 mm in Abzug zu bringen.

2. Bei den feuchten erdigen Kalkmergeln und Wiesenkalken eine Trocknung vor ihrer Verwendung vorzunehmen und sie nötigenfalls zu mahlen.

3. Die Kalkformen mit der ihnen zukommenden Bezeichnung zu handeln. Kalksteinmehl darf nicht unter dem Namen Kalkmergel gehandelt werden.

b) Stückkalk, gemahlner Stückkalk und Körnerkalk.

Unter diesen Bezeichnungen versteht man Kalke, welche den Kalk in Form von gebranntem Kalk, Ätzkalk (CaO) enthalten. Diese Kalke werden gewonnen durch Glühen von Kalksteinen bei 700—800°. Ihre Herstellung findet in besonderen Kalköfen (Ringöfen) statt. Der gebrannte Kalk stellt in reiner Form eine weiße, in gewöhnlicher Form eine graue bis grauweiße poröse Masse dar, welche begierig Wasser und Kohlensäure aufnimmt. Durch Befeuchten mit soviel Wasser, daß dasselbe von dem gebranntem Kalk vollständig chemisch gebunden werden kann, zerfällt derselbe unter starker Erwärmung in ein lockeres feines Pulver — den trocken gelöschten Kalk oder Kalkhydrat ($Ca[OH]_2$) —, welches durch Aufnahme von Kohlensäure allmählich wieder in kohlensauren Kalk übergeht. Dieser Prozeß vollzieht sich sehr bald wieder im Ackerboden. Der gebrannte Kalk reagiert stark alkalisch und ist in kleinen Mengen löslich in Wasser. 100 Teile Wasser lösen 0,14 Teile gebrannten Kalk. Der Gehalt der Handelsware an Kalk ist um so höher, je reiner der zum Brennen verwendete Kalkstein ist und je vollständiger die Kohlensäure durch das Brennen entfernt wird. Gute Handelsware enthält 85—90% Ätzkalk (CaO) und darüber. Durch Aufnahme von Wasser und Kohlensäure findet bei längerer Lagerung eine Gewichtszunahme und damit eine Verringerung des Kalkgehaltes statt. Wird der gebrannte Kalk gegen Feuchtigkeit und durch Zudecken gut geschützt, so ist die Aufnahme an Wasser und Kohlensäure nur unbedeutend.

In den Handel kommt der gebrannte Kalk als Stückkalk, als gemahlener Stückkalk und neuerdings auch als sog. Körnerkalk. Je nachdem das Ausgangsmaterial mehr oder weniger Magnesia enthält, sind auch die gebrannten Kalke reicher oder ärmer an Magnesia. Der Körnerkalk besteht aus erbsen- bis haselnußgroßen Stücken und läßt sich, da er völlig staubfrei ist, mit der Maschine bequem streuen, ohne Belästigungen für Menschen und Tiere zu verursachen. Ein

großer Übelstand dieser Kalkform ist aber der, daß er im Boden ungenügend zerfällt, so daß eine feine Verteilung nicht möglich ist. Eine feine Verteilung des Kalkes im Boden ist aber die Hauptbedingung für die Wirkung des Kalkes. Aus diesem Grunde dürften die anderen Kalkformen dieser Form vorzuziehen sein.

c) Der Gips.

Der Gips enthält den Kalk in Form von schwefelsaurem Kalk (SO_4Ca). Der Gehalt des reinen wasserhaltigen Gipses an Kalk beträgt 32,5%. In reinem Wasser ist der Gips in schwachem Maße löslich, aber in höherem Maße löslich als der Ätzkalk und der kohlensaure Kalk, welch letzterer so gut wie unlöslich ist. 386 Teile Wasser lösen bei 10° C. 1 Teil Gips. Was die Wirkung des Gipses betrifft, so ist dieselbe unter den meisten Verhältnissen eine so mangelhafte im Vergleich zum kohlensauren Kalk und Ätzkalk, daß derselbe als Düngemittel ganz von der Bildfläche verschwinden sollte (s. S. 123—125).

d) Kalkhaltige Düngemittel als Rückstände von landwirtschaftlich-technischen und industriellen Gewerben.

Der Scheideschlamm der Zuckerfabriken. Die Zusammensetzung des Scheideschlamms ist nach Stutzer[1]) die folgende:

Wasser	43,3%
Kalk (CaO)	21,6 „
Magnesia	0,3 „
Stickstoff	0,2 „
Phosphorsäure	0,5 „
Kali	0,1 „
Organische Stoffe	15,3 „

Der Kalk ist im Scheideschlamm zum größten Teil in Form von kohlensaurem Kalk, zum kleineren Teile in Form von Ätzkalk enthalten. Neben dem Kalk enthält der Scheideschlamm, wie die Zahlen zeigen, auch noch andere Nährstoffe, von welchen für die Wertberechnung die Phosphorsäure und der Stickstoff zu berücksichtigen sind. Infolge des hohen Wassergehaltes ist eine Verfrachtung des Scheideschlammes auf weite Entfernungen ausgeschlossen. Der Scheideschlamm ist im allgemeinen mehr geeignet für leichtere Böden und Mittelböden, während für schwere Lehmböden und Tonböden, wenn es sich um die Verbesserung der physikalischen Beschaffenheit handelt, der gebrannte Kalk den Vorzug verdient.

Rückstände der Pottaschefabrikation. Die Zusammensetzung dieser Rückstände ist nach Untersuchungen von Baeßler[2]) die folgende:

---

[1]) Mentzel u. v. Lengerkes Landwirtschaftlicher Kalender.

[2]) Das landwirtschaftliche Versuchswesen für das Jahr 1895, Landwirtschaftliche Jahrbücher 1897, Ergänzungsband.

Wasser	45,96%	
Kohlensaurer Kalk	41,80 „	26,2% CaO
Ätzkalk	0,33 „	
Gips	7,71 „	
Kali	4,20 „	

Demnach enthält dieses Düngemittel, vom Gips abgesehen, 26,2% CaO, welcher fast in seiner ganzen Menge als kohlensaurer Kalk vorhanden ist und daneben noch nennenswerte Mengen von Kali (4,20%).

Rückstände der Sodafabrikation. Solche werden in den Handel gebracht unter dem Namen „Bernburger Düngekalk der Solvay-Werke". Die Zusammensetzung desselben ist nach Untersuchungen von Immendorff die folgende:

	In der frischen Substanz %	In der Trockensubstanz %
Wasser	40,54	—
Kalkhydrat	6,38	10,73
Kohlensaurer Kalk	14,39	24,40
Kieselsaurer Kalk	18,80	31,62
Kohlensaure Magnesia	5,12	8,61
Schwefelsaurer Kalk	3,40	5,71
Tonerde	3,79	6,37
Eisenoxyd	1,85	3,11
Chloride	0.89	1,50
Sand, Kohle usw.	4,84	8,15

Ausschließlich des Gipses und einschließlich des kieselsauren Kalkes beträgt der Kalk- und Magnesiagehalt dieses Düngemittels 25,36% in der frischen und 42,65% (CaO + MgO) in der Trockensubstanz. Ein für Vegetationsversuche der Hallenser Versuchsstation verwandtes Material enthielt nach Abzug des Gipses 27,24% Kalk. Der Bernburger Düngekalk kommt als feines streubares Pulver in den Handel und kann deshalb in dem Boden die erwünschte Verteilung erfahren. Der kieselsaure Kalk ist nach Untersuchungen von Immendorff und von D. Meyer sehr leicht löslich und auch, wie Vegetationsversuche der Versuchsstation Halle zeigten, von guter Wirksamkeit. Wo es sich nicht um eine Verbesserung der mechanischen Bodenbeschaffenheit handelt, kann der Bernburger Düngekalk, wenn er preiswert zu haben ist, mit Vorteil angewendet werden.

Rückstände der Azetylengasbereitung. Diese zeigten nach Untersuchungen von Gerlach[1]) folgende Zusammensetzung:

---

[1]) Über die Verwendbarkeit der Kalziumkarbidrückstände in der Landwirtschaft. Fühlings landw. Zeitung 1902.

Wasser	49,52%
Kalkhydrat	40,69„
Kohlensaurer Kalk	7,33 „

Der Gehalt an Gesamtkalk (CaO) betrug 34,89%. Nach Versuchen von Gerlach enthalten diese Rückstände keine schädlichen Bestandteile für die Pflanzen und wirken ähnlich wie der Ätzkalk, so daß sie für diesen angewendet werden können. Stärkere frische Düngungen mit diesen Rückständen wirkten auf die Entwicklung mancher Pflanzen schädlich, wie dies ja auch bei der Ätzkalkdüngung der Fall ist. Es empfiehlt sich daher, diese Rückstände ebenso wie den Ätzkalk nicht erst kurz vor der Bestellung anzuwenden, sondern längere Zeit vorher.

Endlaugenkalk (Kalikalk). Nach dem Verfahren von v. Alten werden die Endlaugen in den Chlorkaliumfabriken mit Kalk abgelöscht und so ein Produkt gewonnen, welches unter dem Namen „Endlaugenkalk" neuerdings in den Handel gebracht wird. Mit diesem Endlaugenkalk sind seitens der Versuchsstation Halle Vegetations- und Feldversuche angestellt worden.

Bei den Vegetationsversuchen, bei welchen der Endlaugenkalk im Vergleich zum gebrannten Kalk, reinen kohlensauren Kalk und Kalksteinmehl geprüft wurde, wurden folgende Mehrerträge an Trockensubstanz pro Vegetationsgefäß festgestellt:

	1910	1912	1913 I. Ernte	1913 II. Ernte	Summa Mehrertrag
	Senf	Bohnen	Senf	Bohnen	Trockensubstanz
	g	g	g	g	g
Gebrannter Kalk	5,2	17,4	29,3	11,4	63,3
Reiner kohlensaurer Kalk	7,6	15,5	29,7	12,4	65,2
Kalksteinmehl	5,9	20,2	28,2	12,6	66,9
Endlaugenkalk (Kalikalk)	3,8	13,5	26,8	10,7	54,8

Hiernach hat der Kalk im Endlaugenkalk eine etwas schlechtere Wirkung gezeigt als der Kalk im gebrannten Kalk, reinen kohlensauren Kalk und Kalksteinmehl. Setzen wir die Wirkung des Kalksteinmehles gleich 100, so betrug die Wirkung des reinen kohlensauren Kalkes 97, des gebrannten Kalkes 95, des Endlaugenkalkes nur 82. Diese etwas schlechtere Wirkung des Endlaugenkalkes ist darauf zurückzuführen, daß der letztere außer Ätzkalk und kohlensaurem Kalk noch Chlorkalzium enthält, welches eher schädlich als nützlich wirkt. Der Endlaugenkalk kam bei diesen Versuchen, wie die anderen Kalkformen, in feiner Form zur Anwendung.

Bei den Feldversuchen, die mehrere Jahre hindurch ausgeführt wurden, blieb eine Kalkwirkung bei allen Kalkformen aus. Es konnte durch diese Versuche nur festgestellt werden, daß der Endlaugenkalk eine schädigende Wirkung auf das Wachstum der Pflanzen nicht ausübt.

Für die Wertberechnung des Endlaugenkalkes, welcher eine wechselnde Zusammensetzung zeigt, kommt nur sein Gehalt an Ätzkalk, kohlensaurem Kalk und Magnesia in Frage. Das Chlorkalzium, welches eher schädlich als nützlich wirkt,

kann nicht in Anrechnung gebracht werden; auch dürfen nach den Bestimmungen des Kalisyndikats die geringen Mengen von Kali, welche das Produkt enthält, nicht in Rechnung gestellt werden. Die Produkte, welche 1910 und 1914 untersucht wurden, wiesen folgende Zusammensetzungen auf:

	1910	1914
Kalk (CaO) in Form von Ätzkalk und kohlensaurem Kalk	32,80%	24,14%
Magnesia (MgO) in Form von Ätzmagnesia und kohlensaurer Magnesia	12,70 „	5,51 „
Kalk und Magnesia zusammen:	45,50%	29,65%
Kali (K_2O)	1,40%	0,32%

Die letztere Zusammensetzung wird der Zusammensetzung der jetzigen Ware mehr entsprechen als die des im Jahre 1910 untersuchten Produktes.

Unter Zugrundelegung des Preises von 1 kg Kalk im gebrannten Kalk, dessen Preis in den verschiedenen Gegenden zwischen 0,85—1,50 Pf. schwankt und unter Zugrundelegung des Preises von 0,80 Pf. für 1 kg Kalk im Kalksteinmehl berechnen sich folgende Werte für 100 kg Endlaugenkalk:

	Produkt I.		Produkt II.	
	Ohne Kali M	einschl. Kali M	Ohne Kali M	einschl. Kali M
Bei einem Preise von 1,5 Pf. für 1 kg Kalk im gebrannten Kalk	0,683	0,823	0,445	0,477
Bei einem Preise von 1,0 Pf. für 1 kg Kalk im gebrannten Kalk	0,455	0,595	0,297	0,329
Bei einem Preise von 0,85 Pf. für 1 kg Kalk im gebrannten Kalk	0,387	0,527	0,252	0,284
Bei einem Preise von 0,80 Pf. für 1 kg Kalk im Kalksteinmehl	0,364	0,504	0,237	0,269

Hiernach berechnet sich der Wert des letzteren Produktes je nach den verschiedenen Kalkpreisen ohne Anrechnung der kleinen Kalimengen nur zu 0,24 bis 0,45 M pro Doppelzentner, mit Anrechnung der kleinen Kalimengen zu 0,27 bis 0,48 M. Es sei noch bemerkt, daß der Endlaugenkalk nicht in der gewünschten feinen Beschaffenheit in den Handel kommt.

e) Kalkhaltige Düngemittel, die in erster Linie anderer Nährstoffe wegen zur Verwendung kommen.

Solche Düngemittel sind: Das Thomasmehl, das Knochenmehl, das Superphosphat, der Kalkstickstoff und der Kalksalpeter.

Für die Praxis spielt von diesen Düngemitteln das Thomasmehl die größte Rolle, welches bei dauernder Anwendung nicht nur das Phosphorsäurebedürfnis, sondern auch das Kalkbedürfnis der meisten leichten Böden zu decken vermag. Das Thomasmehl enthält nach Mentzel und v. Lengerkes Landwirtschaftlichem Kalender 48,3%

Kalk (CaO), welcher der Hauptmenge nach als gut wirksamer kieselsaurer Kalk vorhanden ist, während das Superphosphat den Kalk zum größten Teil in Form des weniger günstigen Gipses enthält.

Die Wirkung der Kalkdünger.

Die Wirkung des Kalkes ist einerseits eine direkte als Pflanzennährstoff, andererseits eine indirekte im Boden und zwar in dreifacher Beziehung, in physikalischer, chemischer und bakteriologischer.

1. Der Kalk als Pflanzennährstoff. Was den Bedarf der Pflanzen an Kalk als Nährstoff betrifft, so ist derselbe bei den verschiedenen Kulturpflanzen ein verschiedener. So wurden auf dem humosen Lößlehmboden der Versuchswirtschaft Lauchstädt im dreijährigen Durchschnitt folgende Kalk- und Magnesiamengen dem Boden entnommen:[1])

	Kilogramm auf 1 ha	
	Kalk (CaO)	Magnesia (MgO)
Gerste	21,9	10,9
Roggen	24,3	11,2
Weizen	31,3	17,5
Hafer	39,4	16,5
Kartoffel (mit Kraut)	75,9	27,4
Zuckerrübe (mit Kraut)	85,6	56,1
Erbse	117,7	20,8
Serradella	148,5	38,3
Lupine	188,0	49,8
Raps	200,4	27,4
Luzerne	242,0	28,0

Diese Zahlen zeigen, daß der Bedarf der verschiedenen Kulturpflanzen an Kalk ein sehr verschiedener ist. Am geringsten ist der Kalkbedarf der Getreidearten, am höchsten der Kalkbedarf des Rapses und der Leguminosen, von welchen besonders die kleeartigen Gewächse in dem Vordergrund stehen. Zwischen den Getreidearten und den Leguminosen stehen ihrer Kalkbedürftigkeit nach in der Mitte die Wurzelfrüchte, Kartoffeln und Rüben. Bezüglich der Magnesia treten derartige Unterschiede nicht hervor. Auf den kalkärmeren leichten Sandböden sind infolge der niedrigen Ernten die Kalkentnahmen wesentlich niedriger. So wurden bei Versuchen in der Versuchswirtschaft Groß-Lübars durch Roggen nur 12—15 kg, durch Kartoffeln 25—35 kg Kalk dem Boden entnommen. Diese Zahlen liegen sehr viel niedriger; das Verhältnis des Kalkbedürfnisses des Getreides zu dem der Wurzelfrüchte ist aber dasselbe wie bei dem obigen Beispiel.

[1]) D. Meyer, Die Kalk- und Magnesiadüngerfrage. Jahrbuch der Deutschen Landwirtschafts-Gesellschaft 1913.

Ausreichende Mengen von Kalk als Pflanzennährstoff weist der bei weitem größte Teil unserer Kulturböden auf. Eine Ausnahme machen ganz leichte kalkarme Sandböden und Hochmoorböden, während ein direktes Kalkbedürfnis bei besseren und schweren Böden nur selten vorkommt. Anders steht es betreffs der indirekten Wirkung des Kalkes, wie wir nachstehend sehen werden. Ein Kalkbedürfnis des Bodens zeigt sich naturgemäß bei den kalkbedürftigen Leguminosen, speziell kleeartigen Gewächsen, weit mehr als bei den weniger kalkbedürftigen Kulturpflanzen, Getreide und Wurzelfrüchten.

Als günstige Nährstofformen können alle die oben angeführten Kalkdünger mit Ausnahme des Gipses angeführt werden, welch letzterer eine nicht günstige Form darstellt. Bei genügender Feinheit zeigen die Kalksteinmehle, die kieselsäurereichen Düngekalke und auch die Rückstände der landwirtschaftlichen Nebengewerbe und Industrien die gleiche Wirkung wie der reine kohlensaure Kalk und der Ätzkalk. So wurden z. B. bei Vegetationsversuchen, welche D. Meyer in der Versuchsstation Halle anstellte, folgende Ergebnisse gewonnen:

Vegetationsversuche.
Kalkarmer sandiger Lehmboden.

	Pferdebohnen-Trockensubstanz		Nachwirkung, Senf-Trockensubstanz		Summa Trockensubstanz Mehrertrag g
	Ertrag pro Gefäß [1] g	Mehrertrag g	Ertrag pro Gefäß [1] g	Mehrertrag g	
Ohne CaO	50,2	—	9,3	—	—
2 g CaO gebrannter Kalk	67,7	17,5	38,7	29,4	**46,9**
2 g „ reiner kohlensaurer Kalk	65,8	15,6	39,0	29,7	**45,3**
2 g „ Kalksteinmehl	70,4	20,2	37,6	28,3	**48,5**
2 g „ kieselsäurereicher Düngekalk	70,4	20,2	38,6	29,3	**49,5**
2 g „ Kalikalk	63,7	13,5	36,1	26,8	**40,3**

Demnach hatten das Kalksteinmehl und der kieselsäurereiche Düngekalk die gleiche Wirkung gezeigt, wie der gebrannte Kalk und der reine kohlensaure Kalk, und auch der Kalikalk war in seiner Wirkung nur wenig zurückgeblieben. Das letztere dürfte zurückzuführen sein auf den Gehalt des Kalikalkes an Chlorkalzium.

Durch Feldversuche wird das obige Ergebnis bestätigt. So wurden z. B. bei Versuchen, welche Baeßler[2]) auf einem kalkbedürftigen Sandboden mit Gerste und einem Kleegrasgemisch ausführte, folgende Mehrerträge festgestellt:

[1]) Durchschnitt von 3 Gefäßen.

[2]) Das landwirtschaftliche Versuchswesen Preußens für das Jahr 1899. Landw. Jahrbücher 1901, Ergänzungsband.

Feldversuche.

Kalkarmer Sandboden.

	1. Jahr Gerste Körner pro ha dz	1. Jahr Gerste Stroh pro ha dz	2. Jahr Kleegras pro ha dz
20 dz Ätzkalk	+ 2,30	+ 4,98	+ 8,57
40 „ kohlensaurer Kalk (Mergel)	+ 2,22	+ 2,58	+ 9,11
30 „ Ätzkalk	+ 4,28	+ 2,88	+ 10,95
60 „ kohlensaurer Kalk (Mergel)	+ 4,49	+ 4,49	+ 13,11

Ätzkalk und Mergel hatten hiernach ungefähr die gleiche Wirkung gezeigt. Lilienthal[1]) stellte auf einem leichten Marschboden folgende Erträge fest:

Leichter Marschboden.

	Kartoffeln pro ha dz
Ohne Kalk	190,0
27 dz gebrannter Kalk	248,0
56 „ Kalkmergel	264,0

Hier war die Wirkung des Kalkmergels noch etwas besser als die des gebrannten Kalkes, so daß man auf leichten Böden und Mittelböden dem kohlensauren Kalk (Kalksteinmehl, Mergel, Wiesenkalk) mindestens dieselbe Wirkung zusprechen muß, wie dem Ätzkalk. Was anderes ist es, wenn schwere Böden eine mechanische Verbesserung erfahren sollen. Für diesen Zweck ist dem Ätzkalk auf alle Fälle der Vorzug zu geben.

Eine vorzügliche Wirkung zeigt auch der Kalk des Thomasmehls im Gegensatz zu dem Kalk des Superphosphats. So wurden z. B. bei Vegetationsversuchen, welche der Verfasser mit D. Meyer auf einem kalkarmen Sandboden anstellte, folgende Erträge festgestellt:

Vegetationsversuche.

Hafer.

	Ohne Kalk Trockensubstanz pro Gefäß Körner	Ohne Kalk Trockensubstanz pro Gefäß Stroh	Mit Kalk Trockensubstanz pro Gefäß Körner	Mit Kalk Trockensubstanz pro Gefäß Stroh
	g	g	g	g
Ohne Phosphorsäure	0,57	5,00	17,13	28,17
0,3 g P_2O_5 als Superphosphat	1,77	11,37	18,37	27,47
0,3 g „ als Thomasmehl	17,17	24,37	20,53	30,10

[1]) Fühlings landw. Zeitung 1900, Bd. 49.

Pferdebohnen.

	Ohne Kalk Trockensubstanz pro Gefäß	Mit Kalk Trockensubstanz pro Gefäß
	g	g
Ohne Phosphorsäure	3,70	38,40
0,3 g P_2O_5 als Superphosphat . .	6,17	38,47
0,3 g „ als Thomasmehl . .	29,53	33,80

Diese Zahlen zeigen die vorzügliche Kalk-Wirkung des Thomasmehls und die Wirkungslosigkeit des Kalkes im Superphosphat. Ohne eine Kalkzugabe hatte das Superphosphat so gut wie keine Wirkung gezeigt. Es wurden bei der Düngung mit Superphosphat ohne Kalkzugabe nur 1,77 g Haferkörner und nur 6,17 g Pferdebohnen-Trockensubstanz geerntet, dagegen mit Zugabe von Kalk 18,37 g Haferkörner und 38,47 g Pferdebohnen-Trockensubstanz. Anders lag die Sache beim Thomasmehl. Hier wurden ohne Kalkzugabe 17,17 g Haferkörner und 29,53 g Pferdebohnen-Trockensubstanz, mit einer Zugabe von Kalk 20,53 g Haferkörner und 33,80 g Pferdebohnen-Trockensubstanz geerntet. Der Kalk des Thomasmehls hatte somit für Höchstproduktionen fast ausgereicht.

Hiermit stehen voll und ganz im Einklang die mit dem Thomasmehl angestellten Feldversuche und die Erfahrungen der Praxis. Auf kalkarmen trocknen Sandböden wirkt eine Kalkdüngung neben Thomasmehl oft direkt schädlich.

So stellte Tacke[1]) auf einem sehr trocknen Sandboden, welcher nur 0,01% Kalk enthielt, folgende Erträge fest:

Feldversuche.

Kalkarmer Sandboden.

	1907	1908		1909		1910	1911		1912	
		Roggen		Roggen			Roggen		Hafer	
	Kartoffeln	Körner	Stroh	Körner	Stroh	Kartoffeln	Körner	Stroh	Körner	Stroh
Nur Thomasmehl	203,6	25,4	52,1	25,9	47,9	111,5	24,0	36,5	25,1	36,2
Thomasmehl + 10 dz Kalk 1906	184,1	24,8	50,0	19,5	39,8	100,1	21,9	33,7	24,1	34,2

Es wurden demnach auf den gekalkten Parzellen in allen Jahren geringere Ernten gemacht, als auf den Parzellen, welche nur Thomasmehl erhielten. Die besondere Kalkdüngung hatte also auf diesem trocknen Sandboden direkt schädlich gewirkt, trotzdem der Boden nur 0,01% Kalk aufwies.

Auf einem kalkarmen ursprünglich stark saurem Hochmoorboden, der im Jahre 1885 mit verschieden starken Mengen gekalkt worden war, stieg bei Ver-

[1]) Was lehren die von der Moorversuchsstation in Bremen auf Sand- und Marschboden ausgeführten Versuche? Sonderabdruck aus Heft 34 der Arbeiten der Landwirtschaftskammer für die Provinz Hannover 1913.

suchen von Tacke[1]) in den ersten Jahren der Ertrag mit steigender Kalkmenge. Im Jahre 1892 waren aber die Erträge an Roggen auf den verschieden gekalkten Parzellen bei ausreichender Düngung mit allen nötigen Pflanzennährstoffen auf 1 ha die folgenden:

Feldversuche.
Saurer Hochmoorboden, Roggen.

Grunddüngung: Thomasmehl	Körner dz	Stroh dz
Ohne Kalk	24,4	53,2
20 dz gebrannter Kalk pro Hektar	23,3	50,9
40 „ „ „ „ „	19,5	45,2
60 „ „ „ „ „	17,2	39,4
20 „ Kalk als Verdener Mergel	20,5	45,7
40 „ „ „ „ „	20,3	46,9
60 „ „ „ „ „	17,2	41,9
20 „ „ „ Ülzener Mergel	23,6	53,0
40 „ „ „ „ „	21,6	49,1
60 „ „ „ „ „	17,6	40,5

Es hatte also auch hier, nachdem das erste Kalkbedürfnis dieses sauren Hochmoorbodens gedeckt war, die Kalkdüngung direkt schädlich gewirkt.

Gleiche Erfahrungen wurden vom Verfasser auf dem Sandboden der Versuchswirtschaft Groß-Lübars gemacht. Auf Parzellen, welche vorher regelmäßig eine Düngung mit Thomasmehl erhalten hatten, wurden folgende Erträge festgestellt:

Feldversuche.
Sandboden.

	Kartoffeln	Roggen	
		Körner	Stroh
	dz	dz	dz
1911.			
Ohne Kalk	76,6	11,90	18,14
20 dz Kalksteinmehl	71,2	11,11	17,54
40 „ „	70,0	11,27	16,77
1912.			
Ohne Kalk	157,5	19,80	40,18
20 dz Kalksteinmehl	143,3	20,00	44,03
40 „ „	137,1	19,48	42,89
1913.			
Ohne Kalk	152,2	Infolge Trockenheit mißraten.	
20 dz Kalksteinmehl	144,8		
40 „ „	140,2		

[1]) Kalken und Mergeln im modernen Wirtschaftsbetriebe. Sonderabdruck aus Heft 37 der Arbeiten der Landwirtschaftskammer für die Provinz Hannover 1914.

Auch diese Zahlen zeigen die direkt schädliche Wirkung des Kalkes, in diesem Falle des Kalksteinmehls, auf den Kartoffelertrag. Nicht beeinflußt waren durch den Kalk bei diesen Versuchen die Roggenerträge.

Diese und andere Versuche lehren, daß man mit einer Kalkdüngung auf trockenen Sandböden sehr vorsichtig sein muß, daß jedenfalls hier größere Mengen von Kalk vermieden werden müssen.

2. Der Einfluß des Kalkes auf den Boden in physikalischer Beziehung. Der Kalk ist ein hervorragendes Mittel, um die schlechte physikalische Beschaffenheit schwerer Böden zu verbessern. Er lagert sich in die zähen, tonigen Bestandteile des Bodens ein und vermindert damit die Kohärenz dieser Bestandteile. Je besser die Verteilung des Kalkes im Boden erfolgt, um so wirksamer gestaltet sich der Einfluß des Kalkes nach dieser Richtung hin. Daher ist auch für den schweren Boden der trocken gelöschte oder gemahlene Ätzkalk infolge seiner außerordentlichen Feinheit erheblich wirksamer als der kohlensaure Kalk, vorausgesetzt, daß der Kalk bei trockenem Wetter gestreut und untergebracht und nicht wie es häufig geschieht, eingeschmiert wird.

3. Der Einfluß des Kalkes auf den Boden in chemischer Beziehung. Der Kalk neutralisiert die Humussäuren und zersetzt zu einem großen Teil schädliche Bodenbestandteile. Nach dieser Richtung hin kommt er in erster Linie in Frage bei den stark sauren Hochmoorböden, deren Benutzung zur Bodenkultur erst nach genügender Entwässerung und Kalkung möglich ist. Neuere Untersuchungen haben aber auch gezeigt, daß es viele Mineralböden gibt, die eine saure Beschaffenheit aufweisen und welche infolgedessen besonders dankbar sind für eine Kalkdüngung. Der Kalk neutralisiert die schädlichen Humussäuren und erzeugt eine neutrale bis schwach alkalische Bodenreaktion, welche für den Fruchtbarkeitszustand des Bodens erwünscht ist.

4. Der Einfluß des Kalkes auf den Boden in bakteriologischer Beziehung. Der Kalk beschleunigt die Zersetzung der Humusstoffe und der organischen Dünger (Stalldünger, Gründüngung usw.). Der Verwesungs- und Salpeterbildungsprozeß wird durch den Kalk wesentlich gefördert, womit die Ammoniak- und Salpeterbildung Hand in Hand geht. In welch starkem Maße Verwesung und Salpeterbildung beim Stalldünger durch eine Zugabe von Kalk erfolgt, zeigt z. B. ein Versuch des Verfassers, bei welchem folgende Zahlen festgestellt wurden:

2 kg Stalldünger	Salpeterstickstoff Vor dem Versuch	Nach 3 Monaten
	g	g
Ohne Zusatz	0,64	1,71
3% kohlensaurer Kalk	0,64	2,81

Die Salpeterbildung war demnach durch Zugabe von Kalk wesentlich gefördert. So erwünscht eine solche Beschleunigung der Ammoniak- und Salpeterbildung oft auf den besseren und schweren Bodenarten ist, so verhängnisvoll kann sie doch unter Umständen werden, wenn es sich um sehr humusarme Sandböden handelt. Bei solchen Bodenarten erfolgt durch starke Kalkdüngungen eine

zu schnelle Zersetzung des Humus und damit eine Verminderung des Humusgehaltes und der Fruchtbarkeit. Die Erhaltung des Humus auf solchen Böden ist aber für den Wasserhaushalt des Bodens von besonderer Bedeutung. Man vermeide deshalb auf allen leichten humusarmen Böden die Anwendung des intensiv wirkenden gebrannten Kalkes und verwende hier den weniger intensiv wirkenden kohlensauren Kalk (Mergel, Kalksteinmehl). Für alle schweren Böden dagegen, in denen die Zersetzung der organischen Substanz nur sehr langsam, zum Teil auch in wenig günstiger Weise verläuft und daher die Bildung von Humussäuren zu befürchten ist, verdient der intensiver wirkende Ätzkalk dem kohlensauren Kalk gegenüber den Vorzug.

Auch um eine gute Wirkung der physiologisch sauren Düngemittel, speziell des schwefelsauren Ammoniaks zu sichern, ist eine gewisse Menge von Kalk notwendig. So wurden z. B. bei Vegetationsversuchen, welche D. Meyer in der Versuchsstation Halle auf einem kalkbedürftigen, sauer reagierenden sandigen Lehmboden anstellte, folgende Erträge festgestellt:

Vegetationsversuche.

Senf-Trockensubstanz.

Düngung:	Ohne Kalk		Kohlensaurer Kalk	
	Ertrag g	Aufgenommene Stickstoffmenge g	Ertrag g	Aufgenommene Stickstoffmenge g
Ohne Stickstoff	6,93	0,13	12,83	0,24
0,5 g Stickstoff-Salpeter	16,67	0,49	22,63	0,60
0,5 g Stickstoff-schwefelsaures Ammoniak	8,30	0,31	22,33	0,57

Ohne Kalk zeigt also das schwefelsaure Ammoniak nur eine sehr mangelhafte Wirkung. Auch war in diesem Fall die aus dem schwefelsauren Ammoniak aufgenommene Stickstoffmenge erheblich geringer als die aus dem Salpeter aufgenommene. Dagegen war die Wirkung und Stickstoffausnutzung des schwefelsauren Ammoniaks die gleiche, wenn eine gleichzeitige Kalkdüngung erfolgt war. Eine sichere Wirkung des schwefelsauren Ammoniaks ist demnach auf sauer reagierenden Böden ohne Kalkzugabe nicht zu erwarten.

Allgemeines über die Anwendung der Kalkdünger.

Bei der Kalkdüngung hat man sich vorher darüber klar zu sein, zu welchem Zweck dieselbe erfolgen soll, ob dieselbe wegen eines vorhandenen Nährstoffmangels oder zur Verbesserung der mechanischen Beschaffenheit oder zur Entsäuerung des Bodens erfolgen soll. Einen direkten Mangel an Kalk als Pflanzennährstoffe zeigen gewisse sehr kalkarme Sandböden, die kalkarmen Hochmoorböden und einzelne Lehm- und Tonböden. Eine Kalkdüngung haben in höherem Maße auf solchen Bodenarten notwendig die kalkbedürftigen Leguminosen, speziell die Kleearten, als die weniger kalkbedürftigen Halm- und Wurzelfrüchte. Es

kommt vor, daß bei den ersteren sich eine Kalkdüngung in einer bestimmten Stärke lohnt, während die gleiche Kalkdüngung auf die letzteren direkt schädigend wirkt. Wo in die Fruchtfolge Leguminosen, speziell kleeartige Gewächse, eingeschaltet werden, muß daher bei vorhandenem Kalkbedürfnis stärker gedüngt werden als da, wo die Fruchtfolge keine Leguminosen aufweist. Nach Versuchen von Tacke tritt hinsichtlich der Kalkbedürftigkeit auf allen Bodenarten ein großer Unterschied zwischen Ackerland einerseits und Wiesen- und Weidenland andererseits hervor. Das Bedürfnis der letzteren nach Kalk ist viel stärker als das des Ackers. Der Grund hierfür ist in der Förderung des Wachstums der Kleearten auf den Wiesen und Weiden durch stärkere Kalkungen zu suchen, während die daneben wachsenden Gräser sich auch hier weniger kalkbedürftig, unter Umständen empfindlich, gegen die Kalkdüngung erweisen. Es ist also auf jedem kalkbedürftigen Boden das Wiesen- und Weidenland stärker zu düngen, als unter denselben Verhältnissen das Ackerland; es müßte denn das letztere Fruchtfolgen mit starkem Leguminosenbau zeigen.

Die Form des Kalkes. Für die leichten Böden eignet sich im allgemeinen mehr der kohlensaure Kalk (Mergel und Kalksteinmehl), bezw. die Rückstände der landwirtschaftlichen Nebengewerbe und der Industrie, welche diese Form des Kalkes aufweisen, während sich für die schweren Böden mehr der Ätzkalk (Stückkalk und gemahlener Stückkalk) eignet. In allen Fällen wende man die Kalkdünger in möglichst feiner Form an; je feiner der Kalk, desto besser die Wirkung.

Die Art und Zeit der Anwendung. Der feingemahlene kohlensaure Kalk (Mergel und Kalksteinmehl) und der in Staubform bezogene gebrannte Kalk wird am zweckmäßigsten mit einer Düngerstreumaschine gestreut. Es ist dies dem Streuen mit der Hand entschieden vorzuziehen. Der Stückkalk muß, um gestreut werden zu können, erst gelöscht werden. Zu diesem Zwecke wird derselbe schon einige Zeit vor der Kalkung entweder am Rande des Feldes in größere Haufen aufgeschichtet und mit soviel Wasser übergossen, daß ein völliges Ablöschen erfolgen kann, oder man bringt den Kalk in kleine Haufen direkt auf das Feld. Im letzteren Falle ist es zweckmäßig, den Kalk beim Abladen in Weidenkörbe zu füllen und diese in dazu bereit gehaltene Wasserbehälter zu tauchen, damit ein sofortiges Ablöschen erfolgen kann. Läßt man sich den Kalk nicht gleich auf diese Weise mit Wasser sättigen, sondern bringt ihn gleich in kleine Haufen auf das Feld und bedeckt diese Haufen mit Erde, so nimmt der Kalk auch allmählich Wasser auf, bei trocknem Wetter geschieht dies aber außerordentlich langsam, so daß das Ausstreuen erst nach mehreren Wochen erfolgen kann, während bei der sofortigen Sättigung mit Wasser der Kalk meist schon am nächsten Tage gestreut werden kann. Der am Rande der Felder in großen Haufen lagernde und dort abgelöschte Kalk bietet gegenüber dem in kleine Haufen auf das Feld gebrachten den Vorteil, daß er mit der Maschine gestreut werden kann und dadurch meist eine bessere Verteilung erfährt, als der mit dem Spaten gestreute. Was die Unterbringung des Kalkes betrifft, so ist es zweckmäßig, den Kalk nicht zu tief unterzubringen, da er hauptsächlich in den oberen Schichten wirken soll. Nach dem Streuen egge oder krümmere man den Kalk gründlich ein.

Was die Zeit der Kalkung betrifft, so ist bei Verwendung des kohlensauren Kalkes (Mergel, Kalksteinmehl) besondere Vorsicht nicht geboten, so daß je nach den vorhandenen wirtschaftlichen Verhältnissen die Kalkung vom Herbst bis zum Frühjahr stattfinden kann. Man benutze aber möglichst einen Zeitpunkt, wo ein gründliches Eineggen möglich ist. Bei der Anwendung des Scheideschlamms und anderer wasserhaltiger Abfälle wird das Aufbringen zweckmäßig schon im Winter vorgenommen, damit durch die Einwirkung des Frostes eine gute Lockerung und dadurch eine bessere Verteilung im Frühjahr möglich ist. Im Gegensatz zum kohlensauren Kalk erfordert die Anwendung des gebrannten Kalkes große Vorsicht. Der Boden darf nicht zu feucht sein. Man nehme daher für den Lehm- und Tonboden, für welche der gebrannte Kalk hauptsächlich in Frage kommt, das Kalken zu einer Zeit vor, wo keine anhaltenden Niederschläge zu erwarten sind, und der Boden durch Egge, Krümmer und Pflug gut zu bearbeiten ist. Die wichtigste Maßregel für eine gute Wirkung des gebrannten Kalkes ist das Streuen und Unterbringen in trockenem, pulverförmigem Zustand. Man nehme die Kalkung möglichst im Herbst, am besten bald nach der Ernte, vor. Die Anwendung von Ätzkalk, besonders von großen Gaben, im Frühjahr ist möglichst zu vermeiden, da der Ätzkalk, kürzere Zeit vor der Bestellung gegeben, nachteilig auf den Aufgang der Pflanzen wirkt. Sehr empfindlich gegen frische Ätzkalkdüngungen sind die Rüben und Möhren, weniger empfindlich gegen dieselben die Kartoffeln. Man hat beobachtet, daß die Schorfkrankheit durch Mergel mehr begünstigt wird, als durch Ätzkalk. Die Schorfkrankheit tritt nach dem Mergeln selten schon im ersten, häufiger erst in den späteren Jahren auf.

Die Höhe der Kalkdüngung. Die Höhe der Kalkdüngung ist in erster Linie von den Bodenarten und dann von den Früchten abhängig zu machen. Die Kalkdüngung muß um so niedriger bemessen werden, um so trockner und leichter der Boden ist. Für trockne kalkbedürftige Sandböden genügt im allgemeinen der Kalk des Thomasmehls, wie wir gesehen haben. Reicht derselbe nicht aus, so bemesse man die noch zu gebende Kalkdüngung möglichst niedrig. Auch soll man nach Tacke für den Ackerbau auf sauren Hochmooren und hochmoorartigen Böden die Kalkdüngung im allgemeinen niedrig bemessen. Stärkere Gaben von Kalk kommen in Frage für die schweren Bodenarten, bei welchen man eine bessere mechanische Beschaffenheit des Bodens durch den Kalk erzielen will. Für diesen Zweck ist die beste Form der gebrannte Kalk (Ätzkalk).

Als zweckmäßige Kalkdüngungen können angesehen werden:

Stark kalkbedürftige trockne und feuchte Sandböden, saure Hochmoorböden und hochmoorartige Böden	ohne Futterbau	20 dz Mergel oder Kalksteinmehl (hochprozentige)
Weniger kalkbedürftige trockne und feuchte Sandböden, saure Hochmoorböden und hochmoorartige Böden	ohne Futterbau	Nur Thomasmehl
Kalkbedürftige feuchte Sandböden, saure Hochmoorböden und hochmoorartige Böden	mit Futterbau	40—60 dz Mergel oder Kalksteinmehl (hochprozentige)

Kalkbedürftige feuchte Sandböden, saure Hochmoorböden und hochmoorartige Böden		Wiesen und Weiden	80 dz Mergel oder Kalksteinmehl (hochprozentige)
Schwere Böden	Schwächere Gabe 20 dz	Ätzkalk	(Stückkalk oder gemahlener Stückkalk)
	Mittlere Gabe . 30—40 „	„	(Stückkalk oder gemahlener Stückkalk)
	Hohe Gabe . . 50—60 „	„	(Stückkalk oder gemahlener Stückkalk)

Niederungsmoorböden bedürfen keiner besonderen Kalkdüngung.

Näheres über die Kalkdüngung.[1])

Preise und Preiswürdigkeit der Handelsdünger.

Der Ankauf der Handelsdünger ist abhängig zu machen 1. von ihrer Wirkung, 2. von ihrem Preise, 3. von der Bequemlichkeit ihrer Anwendung. Zeigen zwei Düngemittel die gleich gute Wirkung, weist der in ihnen enthaltene Nährstoff den gleichen Preis auf und lassen sich beide Düngemittel bequem anwenden, so ist es natürlich gleichgültig, welches von den beiden Düngemitteln gewählt wird. Zeigen zwei Düngemittel die gleich gute Wirkung, ist aber der Preis des in ihnen enthaltenen Nährstoffs ein verschiedener, so ist selbstverständlich dem billigeren Düngemittel der Vorzug zu geben, vorausgesetzt, daß seine Anwendung (Ausstreuen und Unterbringen) keine besonderen Schwierigkeiten verursacht. Zeigt ein Düngemittel eine geringere Wirkung als ein anderes, ist aber der Preis des in ihm enthaltenen Nährstoffs ein entsprechend niedrigerer, so können beide Düngemittel in Frage kommen, vorausgesetzt, daß sie sich beide gleich bequem anwenden lassen.

Die Preise der Düngemittel sind selbstverständlich bei solchen Betrachtungen und Berechnungen auf denselben Lieferungsort zu beziehen. Es waren z. B. nach den Berichten der Zentralgenossenschaft Halle die Düngerpreise im Februar 1914 ab Magdeburg die folgenden:

	100 kg M	1 kg Stickstoff Pf.
Chilesalpeter 15,5 % Stickstoff	21,10	136
Schwefelsaures Ammoniak 20—21 % Stickstoff . . .	—	133
Kalkstickstoff 15,5 % Stickstoff	18,60	120
Norgesalpeter 13,0 % Stickstoff	18,40	142

	100 kg M	1 kg Phosphorsäure Pf.
Superphosphat 17—19 % wasserl. Phosphorsäure .	—	32
Thomasmehl 13—20 % zitronensäurel. Phosphorsäure	—	30

Hiernach lag z. B. keine Veranlassung vor, in der Provinz Sachsen den Norgesalpeter anzuwenden. 1 kg Stickstoff kostete im Norgesalpeter 142 Pf.,

[1]) D. Meyer, Die Kalk- und Magnesiadüngung. Berlin 1910, Verlag von Paul Parey.

während 1 kg Stickstoff im Chilesalpeter zu gleicher Zeit nur 136 Pf. kostete und der Chilesalpeter sich besser streuen läßt als der mehr hygroskopische Norgesalpeter. Der Stickstoff im schwefelsauren Ammoniak war kurze Zeit vorher teurer, zu jener Zeit aber etwas billiger als der Stickstoff im Chilesalpeter; Veranlassung zu diesem Preisrückgang gab die erfolgreiche Herstellung des schwefelsauren Ammoniaks nach dem neuen synthetischen Verfahren von Haber. Die Stickstoffpreise werden in den verschiedenen Düngemitteln stets größeren oder kleineren Schwankungen ausgesetzt sein.

1 kg Phosphorsäure kostete im Superphosphat 32 Pf., im Thomasmehl 30 Pf. Demnach verdient das Thomasmehl nach wie vor für die leichteren Böden, wo es in seiner Wirkung meistens noch das Superphosphat übertrifft, den Vorzug, während andererseits das Superphosphat nach wie vor für die besseren Böden den Vorzug verdient, wo es mit wenigen Ausnahmen in seiner Wirkung das Thomasmehl nicht unerheblich übertrifft.

Schwieriger stellt sich die Rechnung, wenn es sich um Düngemittel handelt, in denen nicht nur ein Nährstoff, sondern mehrere Nährstoffe gehandelt werden. Zur Berechnung der Preiswürdigkeit solcher Düngemittel verfährt man am besten so, daß man für einen der Nährstoffe den ihm zukommenden oder annähernd zukommenden Preis einsetzt und dann durch Rechnung den Preis der anderen Nährstoffe ermittelt.

Einige Beispiele hierfür: Es kosteten zu jener Zeit ab Magdeburg:

100 kg Ammoniak-Superphosphat 9 % Stickstoff, 9 % Phosphorsäure	16,00 M
ab 9 kg Phosphorsäure à 32 Pf.	2,88 „
Demnach 9 kg Stickstoff	13,12 M
„ 1 „ „	146 Pf.

Hiernach hatte man, wenn man den Preis der Superphosphat-Phosphorsäure einsetzt, für 1 kg Ammoniakstickstoff im Ammoniak-Superphosphat zu zahlen 146 Pf., während 1 kg Stickstoff im schwefelsauren Ammoniak nur 133 Pf. kostete. Selbstverständlich kann man die Rechnung in diesem Falle auch umgekehrt anstellen, indem man den Preis des Stickstoffs im schwefelsauren Ammoniak einsetzt und dann den Preis der Phosphorsäure im Ammoniak-Superphosphat berechnet. Die höheren Preise, welche man für die Nährstoffe in den Ammoniaksuperphosphaten zahlen muß, sind zurückzuführen auf die Unkosten, welche das Mischen von schwefelsaurem Ammoniak und Superphosphat verursacht.

Es kosteten zu derselben Zeit ab Magdeburg:

100 kg aufgeschl. Peruguano, 7 % Stickst., 9,5 % Phosphors., 1 % Kali	16,20 M
ab 9,5 kg Phosphorsäure à 32 Pf.	3,04 „
ab 1 kg Kali à 10 Pf.	0,10 „
Demnach 7 kg Stickstoff	13,06 M
„ 1 „ „	187 Pf.

Es kostete also 1 kg Stickstoff im aufgeschl. Peruguano 187 Pf., war demnach erheblich teuerer als der Stickstoff im schwefelsauren Ammoniak und im Ammoniak-

superphosphat. Für die Phosphorsäure ist der Preis der Superphosphat-Phosphorsäure eingesetzt, da es sich um aufgeschl. Peruguano handelt, in welchem die Phosphorsäure in wasserlöslicher Form vorhanden ist.

Allgemeine Bedingungen für die Anwendung der Düngemittel.

Damit die Düngemittel soweit wie möglich von der Pflanze ausgenutzt werden können, ist es nötig, die günstigsten Bedingungen für das Wachstum der Pflanzen herzustellen:

1. Zweckmäßige Bearbeitung des Bodens. Durch eine solche müssen nach Möglichkeit die günstigsten Luft-, Wärme- und Wasserverhältnisse hergestellt werden. Eine ordentliche Durchlüftung des Bodens ist notwendig a) für die gesunde Entwicklung der Pflanzenwurzeln, b) zur Vermeidung von schädlichen Reduktionserscheinungen, c) für die erwünschten Oxydationsvorgänge (Verwesung, Salpeterbildung usw.). Stalldünger, Gründüngung und organische Stickstoffdünger müssen, um von der Pflanze verwendet werden zu können, in Ammoniak und Salpeter übergeführt werden; eine kräftige Durchlüftung des Bodens ist unbedingt notwendig für einen glatten Verlauf dieser wichtigen Umsetzungen. Steht das Grundwasser zu hoch, so muß zur Herstellung von günstigen Luft- und Wärmeverhältnissen im Boden eine Entwässerung stattfinden. Auf der anderen Seite kommt es darauf an, das nötige Wasser für das Wachstum der Pflanzen zu erhalten. Nur bei genügendem Wasservorrat können die Düngemittel in richtiger Weise von der Pflanze ausgenutzt werden. Alle Kulturmaßregeln, welche zur Erhaltung des für die Pflanze notwendigen Wassers beitragen, tragen auch zu einer guten Ausnutzung der Düngung bei.

2. Auswahl leistungsfähiger Sorten. Je leistungsfähiger die Sorte, um so besser wird die Düngung ausgenutzt. Eine an und für sich ertragsarme Sorte kann auch durch die höchsten Düngungen nicht zu hohen Erträgen gebracht werden.

3. Auswahl der richtigen Aussaatmengen. Bei starker Stickstoffdüngung müssen im allgemeinen die Aussaatmengen geringer, die Drillweiten weiter bemessen werden, als bei schwacher Stickstoffdüngung. Es trifft dies besonders zu beim Roggen und beim Hafer, bei denen im allgemeinen bei schwächerer Aussaat und stärkerer Stickstoffdüngung die höchsten Ernten erzielt werden. Eine Ausnahme machen die Gerste und die Zuckerrüben, wo man mit Rücksicht auf die Qualität das umgekehrte Verfahren einzuschlagen hat. Steht die Gerste zu dünn, so erhält man ein stärkemehlarmes, eiweißreiches Korn, welches eine gute Braugerste nicht aufweisen soll. Stehen die Rüben zu weit, so erhält man zuckerärmere Rüben, als bei engerer Stellung und dies besonders bei starker Stickstoffdüngung.

4. Eine nicht einseitige Anwendung der Düngemittel. Ein Nährstoff kann nur dann seine volle Wirkung zeigen, wenn alle anderen Nährstoffe in genügender Menge vorhanden sind. Das Fehlschlagen einseitiger Düngungen ist meist zurückzuführen auf das Fehlen anderer Nährstoffe. So wurden z. B.

auf Parzellen der Versuchswirtschaft Lauchstädt, welche stickstoff-, phosphorsäure- und kalibedürftig waren, folgende Ernten pro Hektar festgestellt:

Durchschnitt von 7 Jahren.

	Zuckerrüben dz	Zucker dz	Kartoffeln dz	Stärke dz	Weizenkörner[1] dz	Gerstenkörner[2] dz
Ungedüngt	320,8	58,52	141,0	25,54	30,55	22,56
Phosphorsäure + Kali	339,2	63,02	198,7	34,40	31,97	24,57
Stickstoff	374,6	64,89	145,9	25,67	30,43	28,47
Stickstoff + Kali	372,2	65,70	186,6	32,31	34,42	30,02
Stickstoff + Phosphorsäure	406,3	70,13	158,4	28,05	32,13	31,72
Stickstoff + Phosphorsäure + Kali	416,2	74,73	221,1	38,20	37,07	32,80

Es wurden erzeugt:

Zuckerrüben.

	dz Wurzeln	dz Zucker
Durch Phosphorsäure und Kali ohne Stickstoff	18,4	4,50
„ „ „ „ neben „	41,6	9,84
Durch Stickstoff ohne Phosphorsäure und Kali	53,8	6,37
„ „ neben „ „ „	77,0	11,71

Die Phosphorsäure- und Kalidüngung hatte also erst dann ihre volle Wirkung gezeigt, wenn gleichzeitig eine Stickstoffdüngung stattfand; die Stickstoffdüngung erst dann, wenn neben ihr eine Phosphorsäure- und Kalidüngung gegegeben wurde.

Kartoffeln.

	dz Knollen	dz Stärke
Durch Phosphorsäure und Kali ohne Stickstoff	57,7	8,86
„ „ „ „ neben „	75,2	12,53
Durch Stickstoff ohne Phosphorsäure und Kali	4,9	0,13
„ „ neben „ „ „	22,4	3,80

Diese Zahlen sind insofern besonders interessant, als bei der weniger stickstoffdüngungsbedürftigen Kartoffel auf dem humosen Lehmboden die Stickstoffdüngung allein so gut wie gar nicht gewirkt hatte; dagegen in hervorragender Weise die Phosphorsäure- und Kalidüngung, besonders, wenn neben ihr noch eine Stickstoffdüngung erfolgte.

Weizen nach Kartoffeln.

	dz Körner
Durch Phosphorsäure und Kali ohne Stickstoff	1,42
„ „ „ „ neben „	6,64
Durch Stickstoff ohne Phosphorsäure und Kali	—0,12
„ „ neben „ „ „	5,10

[1]) Weizen nach Kartoffeln.
[2]) Gerste nach Zuckerrüben.

Hier hatte weder die Phosphorsäure- und Kalidüngung allein, noch die Stickstoffdüngung allein eine Wirkung gezeigt. Erst bei Volldüngung d. h., wenn Stickstoff, Phosphorsäure und Kali gleichzeitig gegeben wurden, war die erwünschte Wirkung eingetreten.

Gerste nach Zuckerrüben.

	dz Körner
Durch Phosphorsäure und Kali ohne Stickstoff	2,01
„ „ „ „ neben „	4,33
Durch Stickstoff ohne Phosphorsäure und Kali	5,91
„ „ neben „ „ „	8,23

Auch diese Zahlen zeigen, daß erst eine volle Wirkung der Düngung vorhanden war, wenn alle drei Nährstoffe verabreicht worden waren. Interessant sind diese Zahlen insofern, als bei der weniger stickstoffbedürftigen Gerste das Stickstoffbedürfnis mehr hervortrat, als bei dem stickstoffbedürftigeren Weizen. Dies hat seinen Grund darin, daß die Gerste auf die stark stickstoffzehrenden Zuckerrüben, der Weizen auf die weniger stickstoffbedürftigen Kartoffeln folgte. Es zeigen also diese Zahlen gleichzeitig, wie bei den Düngungen die Vorfrucht zu berücksichtigen ist.

Wenn aus den obigen Beispielen hervorgeht, daß eine volle Wirkung der Düngung erst dann vorhanden ist, wenn alle Nährstoffe in ausreichendem Maße vorhanden sind, so soll damit nicht gesagt sein, daß unter allen Verhältnissen alle drei Nährstoffe gleichzeitig gegeben werden müssen. Es gibt Böden und Fruchtfolgen, bei welchen dieser oder jener Nährstoff ohne Düngung in ausreichendem Maße für Höchstproduktionen vorhanden ist. Jedenfalls hat sich der Praktiker aber immer die Frage zu stellen, ob bei der betreffenden Düngung die anderen durch die Düngung nicht zugeführten Nährstoffe im Boden in genügender Menge vorhanden sind.

5. Eine Anwendung und Unterbringung der Düngemittel in sachgemäßer Weise. Grundbedingung für das Ausstreuen aller Düngemittel ist eine möglichst gleichmäßige Verteilung, welche aber nur bei einem genügenden Feinheitsgrad der Düngemittel erreicht werden kann. Diese Forderung wird bis heute vielfach noch nicht erfüllt. Die einzelnen Operationen bei den verschiedenen Früchten ergeben sich am besten aus folgenden Beispielen:

Winterfrüchte auf besseren Böden. Es sollen schwefelsaures Ammoniak, Superphosphat, 40prozent. Kalisalz und Salpeter gegeben werden. Man gebe im Herbst vor der Bestellung die beiden ersteren Düngemittel als Ammoniak-Superphosphat[1]) und streue das Kalisalz für sich aus. Das Mischen von Kalisalzen mit Ammoniak-Superphosphat ist im kleinen möglich, im Großbetriebe empfiehlt es sich jedoch nicht, da es zeitraubend und umständlich ist. Man streut Ammoniak-Superphosphat vielfach mit der Maschine, Kalisalze meist

[1]) Schwefelsaures Ammoniak und Superphosphat können auch für sich ausgestreut werden.

mit der Hand. Beide Düngemittel können mit der Maschine gestreut und gleichzeitig zusammen ausgestreut werden unter Benutzung des neuen Doppeldüngerstreuers. Das Kalisalz kann man auch auf die Stoppel streuen und unterpflügen, während man das Ammoniak-Superphosphat, um noch eine Wirkung im Herbst zu erzielen, wohl am besten einkrümmert, oder unterdreischart (Weizen nach Kartoffeln). Ein Unterbringen des Ammoniaks mit der Saatfurche ist wohl weniger zu empfehlen, da hierbei eine geringere Stickstoffwirkung im Herbst zu erwarten ist, Stickstoff und Phosphorsäure auch nicht eine so gleichmäßige Verteilung erfahren. Der Salpeter ist im Frühjahr als Kopfdünger zu geben.

Winterfrüchte auf leichten Böden. Es sollen Thomasmehl, Kainit und Salpeter oder Ammoniak gegeben werden. Man streue im Herbst vor der Bestellung die beiden ersten Düngemittel getrennt aus; das Thomasmehl mit der Maschine, den Kainit mit der Hand oder mit der Maschine. Ein Mischen von Thomasmehl und Kalisalzen ist wegen starker Staubentwicklung und der hierzu erforderlichen Zeit nicht zu empfehlen. Beide Düngemittel können nach dem Streuen mit der Saatfurche untergepflügt oder eingekrümmert bzw. eingeeggt werden. Auf manchen Sandböden streut man Kalisalze wegen der zu befürchtenden Kaliauswaschung zweckmäßig erst im zeitigen Frühjahr aus. Ammoniak und Salpeter sind in ihrer ganzen Menge oder Hauptmenge im Frühjahr als Kopfdünger zu geben, im Herbst nur in kleinen Mengen, wenn Bedürfnis dazu vorliegt.

Sommerfrüchte auf besseren Böden. Es sollen schwefelsaures Ammoniak, Salpeter, Superphosphat und Kainit gegeben werden. Die Kalisalze gibt man zweckmäßig immer, wenn man sie nicht schon im Herbst oder Winter gegeben hat, im zeitigen Frühjahr. Schwefelsaures Ammoniak und Superphosphat gebe man als Ammoniak-Superphosphat vor der Bestellung; Salpeter entweder kurz vor der Bestellung oder nach dem Drillen bezw. nach dem Aufgang der Saat. Soll außer Ammoniak-Superphosphat noch Superphosphat gegegeben werden, so ist dasselbe wohl besser getrennt auszustreuen, da ein gleichmäßiges Mischen mit Ammoniak-Superphosphat schwer auszuführen ist. Bei allen Sommerfrüchten werden Stickstoff und Phosphorsäure, um eine schnelle Wirkung zu erzielen, am besten nur eingekrümmert oder mit einer ev. Frühjahrsfurche untergebracht. Salpeter ist immer getrennt und allein auszustreuen, wenn man nicht fertige Gemische kauft.

Sommerfrüchte auf leichteren Böden. Es sollen schwefelsaures Ammoniak, Salpeter, Thomasmehl und Kainit gegeben werden. Thomasmehl und Kalisalze streue man im Herbst, Winter oder zeitigem Frühjahr aus. Das schwefelsaure Ammoniak streue man kurz vor der Saat aus. Sofern die beiden ersten Düngemittel vor dem Ausstreuen des schwefelsauren Ammoniaks noch nicht untergebracht sind, krümmere man das Ammoniak unmittelbar nach dem Ausstreuen ordentlich ein, um Stickstoffverluste, welche durch den Kalk des Thomasmehls erfolgen können, zu verhüten. Den Salpeter gebe man vor der Bestellung oder als Kopfdünger.

Wiesen und Weiden. Kalisalze und Thomasmehl gebe man im Herbst oder Winter; Stickstoffsalze auf Wiesen zu Beginn der Vegetation, auf Weiden je nach Lage und Klima entweder zeitig im Frühjahr oder später, bezw. in zwei Gaben. Kompost und Jauche wende man im Winter oder zeitigem Frühjahr an. Auf Überschwemmungswiesen gebe man Kalisalze und Thomasmehl möglichst schon nach dem ersten Schnitt, spätestens jedoch nach Aberntung des letzten Schnittes.

Die Anwendung des Kalkes. Gebrannter Kalk wird in gemahlener Form, in trocken gelöschter Form (Kalkhydrat) oder als Stückkalk angewandt. Die beiden ersten Formen werden am besten mit der Maschine gestreut, während der Stückkalk, wenn er in kleinen Haufen auf das Feld gebracht wird, nach seinem Zerfall mit dem Spaten gestreut werden muß. Wird der Stückkalk am Rande des Feldes in größeren Haufen abgelöscht, so kann derselbe auch mit der Maschine gestreut werden. Ein Nachteil bei dem Streuen des gebrannten Kalkes ist das starke Stäuben. Dieser Übelstand wird bei Verwendung des sog. Körnerkalkes, der frei von Kalkstaub ist, vermieden. Der Körnerkalk zerfällt aber im Boden ungenügend, so daß sich die Anwendung desselben nicht empfiehlt. Bedingung für einen guten Erfolg der Kalkdüngung ist, daß der gebrannte Kalk bei trockenem Wetter gestreut und untergebracht wird. Man wende den gebrannten Kalk daher zu einer Zeit an, wo der Boden nicht zu feucht ist und auch keine starken Niederschläge zu erwarten sind. Der beste Zeitpunkt für die Anwendung des gebrannten Kalkes ist nach der Aberntung des Getreides. Man gebe den Kalk auf die Stoppel, krümmere denselben zunächst gründlich ein und dreischare ihn unter. Zur Saatfurche kann dann ohne Bedenken auch Stalldünger mit untergepflügt werden. Da der Kalk nur flach untergebracht werden soll, wende man denselben nicht zu Rüben, zu welcher Frucht tief gepflügt wird, an. Bei Anwendung von kohlensaurem Kalk ist besondere Vorsicht nicht geboten. Auf leichten Böden kann deshalb der Kalk zu jeder Jahreszeit gestreut werden. Das Streuen erfolgt am besten mit der Maschine. Nach dem Streuen krümmere man den Kalk zunächst ordentlich ein und pflüge ihn nicht zu tief unter.

Es dürfen kalkhaltige Düngemittel: Ätzkalk (gebrannter Kalk), kohlensaurer Kalk (Kalksteinmehl, Mergel), Thomasmehl, Kalkstickstoff, Kalksalpeter nicht gemischt und nicht zusammen ausgestreut werden mit Superphosphat, Ammoniaksuperphosphat, schwefelsaurem Ammoniak, Peruguano, Stalldünger und Jauche.

Durch gleichzeitige Anwendung treten ein:

a) Verluste von Ammoniak:

$$CaO + SO_4(NH_4)_2 = SO_4Ca + 2NH_3 + H_2O$$

Kalk + schwefels. Ammoniak = schwefels. Kalk + 2 Mol. Ammoniak (flüchtig) + Wasser.

Der gleiche Vorgang findet statt bei den anderen Kalk- und Ammoniakverbindungen.

b) Es wird wasserlösliches Monokalziumphosphat in Dikalziumphosphat verwandelt:

$$CaO + PO_4CaH_4 = PO_4Ca_2H_2 + H_2O$$

Kalk + Monokalziumphosphat = Dikalziumphosphat + Wasser
(wasserlösliche Phosphorsäure des Superphosphats) (in Wasser unlösliche Phosphorsäure)

Wenn sich dieser Vorgang allmählich auch im Boden abspielt, so muß man ihn doch zunächst vermeiden.

Weiter vermeide man möglichst eine gleichzeitige Anwendung von Knochenmehl mit kalkhaltigen Düngemitteln und von nassem Superphosphat mit Chilesalpeter. Im ersteren Falle wird die Wirkung des Knochenmehls beeinträchtigt, im zweiten Falle entstehen Verluste von Salpetersäure.

Zweites Kapitel.

Die einzelnen Kulturpflanzen und ihre Düngung.

Die Zuckerrübe.

Keine unserer landwirtschaftlichen Kulturpflanzen hat wohl in der Kultur so große Erfolge zu verzeichnen, als unsere Zuckerrübe. Wie gewaltig und schnell die Zuckerproduktion gestiegen ist, zeigen die folgenden statistischen Zahlen:

	Geerntet dz Rüben vom ha	Gew. dz Zucker vom ha	Aus 1 dz Rüben wurden gew. kg Zucker	Zu 1 dz Zucker waren notwendig dz Rüben
1871/80	255	22,03	8,64	11,6
1881/90	306	33,60	10,98	9,1
1891/00	298	38,35	12,87	7,8
1901/05	296	42,77	14,45	6,9
1906/10	300	46,65	15,55	6,4

Hiernach wird jetzt von 1 ha über doppelt soviel Zucker gewonnen als vor 30—40 Jahren; es wurden in den 70er Jahren nur 22,03 dz Zucker, 1906/10 46,65 dz Zucker pro Jahr und Hektar gewonnen. Waren in den 70er Jahren zur Herstellung von 1 dz Zucker 11,6 dz Rüben notwendig, so sind jetzt nur 6,4 dazu erforderlich. Diesen gewaltigen Fortschritt haben wir in erster Linie den Rübenzüchtern zu verdanken. Während wir vor 30 Jahren Rüben mit 13 bis 14% Zucker als normal bezeichnen mußten, enthalten unsere jetzigen hochgezüchteten Rübensorten 17—19% Zucker, ja wir haben Jahre gehabt, wo Rüben mit 20 bis 21% geerntet wurden.

Die Rübenerträge sind in den 80er Jahren gestiegen und haben sich, wie die Zahlen zeigen, von da ab immer auf gleicher Höhe gehalten. Im Durchschnitt mehrerer Jahre wurden seit den 80er Jahren immer rund 300 dz Rüben pro Hektar (150 Ztr. pro Morgen) geerntet, die durch die Züchtung prozentisch

immer zuckerreicher geworden sind. Der niedrige Rübenertrag des Jahres 1911 und einzelner anderer Jahre ist natürlich nicht auf die Sorten, sondern auf Trockenheit und Krankheiten der Rüben zurückzuführen.

Die Züchter haben uns aber nicht nur zuckerreichere Rüben gezüchtet, sondern gleichzeitig auch aschenärmere Rüben, und dies ist bekanntlich insofern wichtig, als die Ausbeute an Zucker in der Fabrik im umgekehrten Verhältnisse zum Aschengehalt steht. Je aschenärmer die Rübe, um so höher die Zuckerausbeute und umgekehrt.

Untersuchungen, welche der Verfasser über den Aschengehalt der Rüben ausführte, zeigen, daß der Aschengehalt unserer jetzigen hochgezüchteten Rüben ein erheblich niedrigerer ist, als der unserer alten Rübensorten. Es betrug:

	Aschengehalt der Wurzel-Trockensubstanz %
Nach E. v. Wolff[1]) bis zum Jahre 1880	3,84
Nach Untersuchungen vom Verfasser,[2]) im Durchschnitt der Jahre 1892, 93, 94, 97, 98 (Rüben von verschiedenen Bodenarten)	2,44
Nach Untersuchungen von Rüben der Versuchswirtschaft Lauchstädt in den Jahren 1900—10	1,75—2,39

Hiernach enthalten unsere jetzigen Rübensorten nur rund 2—2,5% Asche in der Trockensubstanz, während die früheren Sorten 3,8% aufwiesen. Eine Ausnahme machen Rüben vom Moorboden. Bei diesen neueren Untersuchungen handelt es sich zum Teil um sehr stark gedüngte Rüben. Als Grund für diese geringere Aufspeicherung der Mineralstoffe in den Wurzeln ist die Züchtung anzusehen. Für diese suchte man stets Rüben mit einem hohen Zuckergehalt aus und solche Rüben enthalten auch stets einen niedrigeren Aschengehalt. Auf diese Weise läßt sich das schrittweise Zurückgehen des Aschengehaltes in den Rübenwurzeln erklären. Mit dem hohen Zuckergehalt hat sich ein niedriger Aschengehalt vererbt.

Ganz anders verhalten sich die nach dieser Richtung hin nicht gezüchteten Futterrüben und Kartoffeln. Es betrug der Aschengehalt bei Zuckerrüben, Futterrüben und Kartoffeln, welche unter gleichen Verhältnissen in der Versuchswirtschaft Lauchstädt angebaut wurden:

	Aschengehalt der Wurzeltrockensubstanz %
Zuckerrüben	2,01
Futterrüben	6,37
Kartoffeln	4,05

[1]) Landwirtschaftlicher Kalender von Mentzel und v. Lengerke.
[2]) Blätter für Zuckerrübenbau 1899, Nr. 10.

Hiernach enthalten die Kartoffelknollen ungefähr doppelt soviel, die Futterrübenwurzeln über dreimal soviel Asche in der Trockensubstanz als unsere jetzigen Zuckerrüben.

Der geringe Aschengehalt der Zuckerrüben wird auch durch starke Düngungen wesentlich nicht erhöht. Es betrug z. B. der Aschengehalt nach Untersuchungen der Versuchsstation Halle im Mittel von 2 Jahren:

Düngung auf 1 ha	Aschengehalt der Wurzeltrockensubstanz %
Ohne jede Düngung	1,89
6 dz Salpeter, 100 kg Phosphorsäure, 120 kg Kali	2,07
300 dz Stalldünger	1,98
300 dz Stalldünger, 4 dz Salpeter, 100 kg Phosphorsäure, 120 kg Kali	2,39

Eine gewisse Erhöhung des Aschengehaltes durch die Düngung ist nicht zu verkennen; jedenfalls ist aber dieselbe so gering, daß der Verarbeitung der Rübe in der Fabrik große Schwierigkeiten hierdurch nicht erwachsen, zumal so hohe Düngungen wie bei obigen Versuchen stattgefunden haben, für die Praxis im allgemeinen nicht in Frage kommen.

Unsere jetzigen hochgezüchteten Rübensorten entnehmen nun deshalb etwa nicht weniger Mineralstoffe dem Boden und der Düngung als die alten Sorten; nein, im Gegenteil, sie nehmen reichlich soviel Mineralstoffe auf, lagern dieselben aber viel weniger in den Wurzeln als vielmehr in ihrem stark ausgebildeten Kraut ab. Es betrug:

	Aschengehalt der Krauttrockensubstanz %
Nach E. v. Wolff[1]) bis zum Jahre 1880	15,3
Nach Untersuchungen vom Verfasser[2]) im Durchschnitt der Jahre 1892, 93, 94, 97, 98 (Rüben von verschiedenen Bodenarten)	15,8

Der Aschengehalt des Krautes ist also nicht wie der der Rübenwurzeln zurückgegangen, sondern eher etwas gestiegen. Zu bedenken ist noch dabei, daß unsere jetzigen hochgezüchteten Rüben viel mehr Kraut produzieren, als die alten, so daß die absoluten Mengen von Mineralstoffen, welche in dem jetzigen Kraut stecken, weit höhere sind, als die, welche in dem Kraut der alten Rübensorten aufgespeichert waren. Dies ist für die Düngung und die Fabrikation außerordentlich wichtig. Wir können unsere jetzigen Rübensorten stark düngen, ohne daß wir dabei zu befürchten haben, daß die Qualität der Rübe, in nennenswerter Weise leidet. Unsere jetzigen hochgezüchteten Rüben speichern die aus der Düngung aufgenommenen

[1]) Landw. Kalender von Mentzel und v. Lengerke.
[2]) Blätter für Zuckerrübenbau 1899, Nr. 10.

Mineralstoffe nur zum kleinen Teil in den Wurzeln, zum größten Teil in den Blättern auf. Anders stand es mit unsern alten Rübensorten, welche gegen hohe Düngungen sehr empfindlich waren.

Zu der hohen Steigerung der Zuckerproduktion hat aber nicht nur der Züchter beigetragen, sondern auch der Wissenschaftler, der Landwirt und der Zuckertechniker. Wissenschaftler und Landwirt haben das Bedürfnis der Zuckerrübe, speziell ihr Düngebedürfnis, immer besser kennen gelernt, so daß der Erfolg nach dieser Richtung hin nicht ausgeblieben ist; der Zuckertechniker hat es immer mehr und mehr verstanden, den produzierten Zucker aus der Rübe heraus zu bekommen.

Von den alten Stammsorten haben die Klein-Wanzlebener und ihre Abstammungen bei uns überall den Sieg davon getragen, so daß fast nur noch diese Sorten angebaut werden. Es gibt jetzt bekanntlich zahlreiche Spezialzüchtungen, welche etwas ganz Hervorragendes darstellen und immer noch nicht auf ihrem Höhepunkt angekommen zu sein scheinen. Die verschiedenen Züchtungen unterscheiden sich, abgesehen von ihren Wurzelerträgen und ihrem Zuckergehalt, durch ihren Blattwuchs. Für die besseren Böden dürften im allgemeinen die blattreichsten, für die leichteren, trockneren Böden die blattärmeren Züchtungen, welche nicht so hohe Ansprüche an den Wasservorrat des Bodens stellen, vorzuziehen sein.

Um zu sehen, wie sich die Zuckererträge bei einer sehr ertragreichen, massigen Rübe im Vergleich zu einer weniger massigen, sehr zuckerreichen Rübe gestalten, sind seit dem Jahre 1905 in der Versuchswirtschaft Lauchstädt Anbauversuche mit der Friedrichswerther Ertragreichsten, Marke A und mit Dippes Klein-Wanzlebener Elite W I angestellt worden. Die erstere ist wohl diejenige Sorte, welche von den jetzigen Züchtungen den höchsten Rohertrag gibt, während die letztere im prozentischen Zuckergehalt wohl von keiner anderen Sorte überflügelt wird. Das Ergebnis dieser Anbauversuche war das folgende:

	Rüben dz	Zucker %	Zucker dz	Kraut dz
Gebr. Dippes Kleinwanzlebener Elite W I.				
1905	525,0	18,28	95,98	352,7
1906	531,2	18,60	98,77	525,3
1907	503,4	18,60	93,63	388,3
1908 abnorm trockner September und Oktober	431,8	19,80	85,50	396,0
1909	415,5	18,90	78,53	340,6
1910	431,4	18,65	80,46	319,1
1911 mißraten	—	—	—	—
1912	382,4	20,78	79,42	193,0
1913	437,7	18,88	82,58	317,0
Durchschnitt	457,3	19,06	86,86	354,0

Meyers Friedrichswerther Ertragreichste Zuckerrübe.

1905	563,2	17,08	96,16	319,7
1906	590,3	16,75	98,88	375,2
1907	519,3	17,55	91,14	313,4
1908 abnorm trockner September und Oktober	494,8	18,70	92,53	291,7
1909	425,3	16,40	69,75	284,4
1910	456,3	17,95	81,91	283,7
1911 mißraten	—	—	—	—
1912	391,9	19,35	75,84	162,5
1913	435,2	17,68	76,88	265,5
Durchschnitt	484,5	17,68	85,39	287,0

Hiernach lieferte in allen Jahren die Meyersche Rübe einen höheren Ertrag an Wurzeln, dagegen einen bedeutend niedrigeren Ertrag an Kraut, als die Dippesche. Mit der ersteren wurden durchschnittlich pro Hektar erzielt 485 dz Wurzeln und 287 dz Kraut, mit der letzteren 457 dz Wurzeln und 354 dz Kraut. In sämtlichen Jahren war der prozentische Zuckergehalt der Dippeschen Rübe höher als der der Meyerschen; er betrug im Durchschnitt 19,06 % gegen 17,68 %. Der niedrigere prozentische Zuckergehalt der Meyerschen Rübe wurde aber annähernd ausgeglichen durch den höheren Rohertrag. Es lieferte im Durchschnitt der 8 Jahre die Dippesche Rübe 86,9 dz Zucker, die Meyersche 85,4 dz Zucker. Sehr beachtenswert ist aber, daß die Meyersche Rübe im Jahre 1908, welches einen abnorm trocknen September und Oktober aufwies, erheblich mehr Zucker lieferte, als die Dippesche. Als praktische Konsequenz ergibt sich hieraus, daß sich die blattreichen, schneller sich entwickelnden Rüben, wie z. B. die Dippesche, mehr eignen für die besseren, in ihren Feuchtigkeitsverhältnissen besser gestellten Böden, die mehr massigen, blattärmeren Sorten sich mehr eignen für trockne leichtere Böden, als die blattreichen Rüben, welche infolge ihres höheren Wasserbedarfes die Trockenheit weniger gut überstehen wie die blattärmeren Sorten.

Boden, Bodenbearbeitung, Saat und Pflege. Die für den Zuckerrübenbau geeignetsten Böden sind die milden, humosen Lehmböden und Lößlehmböden, und hier hat sich auch die Zuckerindustrie zuerst entwickelt. Auch lohnen sandige Lehmböden und lehmige Sandböden, wenn sie nicht zu trocken sind, bei rationeller Kultur (spez. Gründüngung) den Zuckerrübenbau. Ebenso sind für den Zuckerrübenbau auch gewisse Moorböden geeignet. Dagegen ist sehr ungeeignet für die Zuckerrübe der schwere Tonboden. Hier ist der Aufgang ziemlich unsicher, hier gestaltet sich auch die Bearbeitung und Ernte außerordentlich schwierig. Man hört oft, daß auf solchen Böden trotz höchster Düngung nur 120 Zentner Zuckerrüben auf dem Morgen geerntet werden. Unter solchen Verhältnissen sollte man vom Zuckerrübenbau absehen; es sind dann bei solchen Böden die Produktionskosten so hoch, daß ein Gewinn beim Zuckerrübenbau nicht zu erzielen ist. Wenn auch mit der Zeit ein solcher Boden durch intensive Ätzkalkdüngungen besser wird, so wird er seinen Charakter doch niemals verleugnen.

Zur Erzielung hoher Ernten ist die Tiefkultur notwendig, namentlich auf schwereren Bodenarten. Als normale Pflugtiefe kann angesehen werden:

Für schwerere Bodenarten 31,0 cm = 12 Zoll,
Für leichtere Bodenarten 26,0 cm = 10 Zoll.

Die Zeit des Pflügens wird man im allgemeinen von den wirtschaftlichen Verhältnissen abhängig machen. Wer im Herbst oder Winter seinen Acker zu Rüben pflügen kann, wird es tun. Auf trockneren besonders im Frühjahr trockneren Böden, wie es z. B. der Lauchstädter ist, bringt der im Herbst gepflügte Acker eine höhere Ernte als der im Frühjahr gepflügte. So wurden in Lauchstädt durch die Herbstfurche 42 dz Wurzeln mit 7,3 dz Zucker pro Hektar mehr geerntet als durch die Frühjahrsfurche. Der Grund hierfür ist die Erhaltung der Bodenfeuchtigkeit und die intensivere Salpeterbildung in dem im Herbst gepflügten Acker. Auf Böden, welche im Frühjahr mehr unter Nässe leiden, bringt oft die Frühjahrsfurche bezw. das Pflügen im Herbst und Frühjahr höhere Ernten. Hier sind gewisse Wasserverluste, welche der Boden durch das Pflügen im Frühjahr erleidet, von großem Vorteil; der Boden wird hierdurch durchlüftet und erwärmt, wodurch die junge Rübenpflanze in ihrer ersten Entwicklung sehr gefördert wird. Die junge Rübe ist gegen große Feuchtigkeit außerordentlich empfindlich und gebraucht bis Anfang Juli sehr wenig Wasser. Wie geringe Ansprüche sie bis zu dieser Zeit an den Wasservorrat des Bodens stellt, zeigen die Lauchstädter Bodenuntersuchungen. Es betrug z. B. in der Versuchswirtschaft Lauchstädt der durchschnittliche Wassergehalt des Bodens im Mai und Juni:

	Wasser %
Weizenboden . . .	11,85
Gerstenboden . . .	10,75
Kartoffelboden . . .	15,40
Rübenboden . . .	15,13
Brache	15,59

Während also der Weizen und noch mehr die Gerste in diesen Monaten den Wasservorrat des Bodens stark in Anspruch genommen haben, war zu dieser Zeit der Wassergehalt des Rübenackers noch fast genau so hoch als der des Kartoffelackers und der des Brachackers. Erst im Juli, August und September verlangt die Zuckerrübe nach größeren Wassermengen.

Sobald der gepflügte Boden im Frühjahr genügend abgetrocknet ist, beginnt man mit dem Schleppen, wonach zweckmäßig die künstlichen Düngemittel, wie Superphosphat, Ammoniak-Superphosphat, erste Gabe von Chilesalpeter usw., ausgestreut werden. Die Kalisalze sind besser im zeitigen Frühjahr auszustreuen oder meist besser noch im Herbst bezw. Winter auszustreuen und unterzupflügen. Nach dem Ausstreuen sind die im Frühjahr gegebenen Düngemittel ordentlich unterzukrümmern. Durch Eggen und Walzen wird der Acker sodann für die Saat vorbereitet.

Die Zeit der Aussaat hat sich nach den Boden- und klimatischen Verhältnissen zu richten. Unter mittleren Verhältnissen ist die günstigste Zeit für die Aussaat Mitte April. Besonders wichtig ist eine richtige Drilltiefe und Drillweite. Was zunächst die erstere betrifft, so soll der Samen nicht tiefer in den Boden gebracht werden als es der Anspruch an die Bodenfeuchtigkeit verlangt, da neben Wasser zum Keimen auch Luft und Wärme notwendig sind. Je leichter eine Bodenart der Wärme und Luft Zutritt gestattet, desto tiefer hat sich die Aussaat zu gestalten, und umgekehrt. Bei Lehm- und Tonböden kann als normale Aussaattiefe 1—2 cm, für Sandböden 2—3 cm gelten. Was die Standweite betrifft, so ist dieselbe nach folgenden Grundsätzen zu bemessen:

1. Sie ist in schweren Böden (Lehm- und Tonböden) enger zu bemessen als in Sandböden.
2. Bei spätreifenden Rübensorten enger als bei frühreifenden.
3. Bei starker Düngung, spez. starker Stickstoffdüngung, enger als bei schwacher.

Für normale Rübenböden kann man als Drillweite 36,5 cm (14 Zoll), als Entfernung in den Reihen 26 cm (10 Zoll) empfehlen. Bei Moorböden können die Rüben zweckmäßig noch etwas enger, bei Sandböden etwas weiter gestellt werden. Bald nach dem Aufgang hat die erste Hacke zu erfolgen. Hat sich die Rübe soweit entwickelt, daß die ersten 3—4 Blättchen vorhanden sind, beginnt man mit dem Verhacken. Eine zweite Hacke läßt man entweder noch vor dem Verziehen oder nach dem Verziehen folgen. Bevor die Rüben die Reihen schließen, gibt man zweckmäßig noch eine dritte Hacke. Keine Pflanze ist für die Hacke so dankbar wie die Zuckerrübe. Das alte Sprichwort: „Eine Hacke wirkt so gut wie ½ Ztr. Chilesalpeter" hat seine volle Berechtigung.

Was die Ernte betrifft, so ist man leider mit der Zeit derselben an die Zuckerfabrik gebunden, so daß man einen Teil der Rüben zu einer Zeit abernten muß, wo die Rüben noch erheblich an Masse und Zucker zunehmen.

In der Versuchswirtschaft Lauchstädt wurden z. B. folgende Erträge festgestellt:

Aberntung	Frühreifende Sorten		Spätreifende Sorten	
	Rüben dz pro ha	Zucker dz pro ha	Rüben dz pro ha	Zucker dz pro ha
1904				
6. 10.	259,8	49,0	257,3	45,9
29. 10.	285,7	52,0	312,2	53,6
1905				
17. 9.	463,3	80,2	488,8	80,5
30. 10.	511,9	93,7	528,3	94,5
1906				
27. 9.	479,3	76,7	503,1	77,5
2. 11.	540,1	98,4	570,9	99,2

Demnach wurden im Durchschnitt geerntet:

Frühreifende Sorten.

	Rüben dz pro ha	Zucker dz pro ha
Zeitige Aberntung	400,8	68,6
Späte Aberntung	445,9	81,4
Durch späte Aberntung:	+ 45,1	+ 12,8

Spätreifende Sorten.

Zeitige Aberntung	416,4	68,0
Späte Aberntung	473,8	82,4
Durch späte Aberntung:	+ 57,4	+ 14,4

Es wurden also bei der späteren Aberntung im Durchschnitt der 3 Jahre im ersten Fall 45,1 dz Wurzeln mit 12,8 dz Zucker, im zweiten Fall 57,4 dz Wurzeln mit 14,4 dz Zucker mehr geerntet als bei der frühen Aberntung.

Zu demselben Ergebnis kam Gerlach bei seinen Versuchen in der Versuchswirtschaft Pentkowo:

Sorte A.

Aberntung	Rüben dz pro ha	Zucker dz pro ha
17. 9.	318,8	55,4
7. 10.	391,0 + 72,2	64,9 + 9,5
27. 10.	424,0 + 105,2	74,1 + 18,7

Sorte B.

Aberntung	Rüben dz pro ha	Zucker dz pro ha
17. 9.	314,1	56,8
7. 10.	373,1 + 59,0	64,0 + 7,2
27. 10.	422,2 + 108,1	75,4 + 18,6

Sorte C.

17. 9.	319,5	58,6
7. 10.	359,1 + 39,6	66,3 + 7,7
27. 10.	399,9 + 80,4	74,9 + 16,3

Sorte D.

17. 9.	358,1	55,9
7. 10.	420,8 + 62,7	64,8 + 8,9
27. 10.	430,2 + 72,1	66,3 + 10,4

Bei diesen Versuchen, welche unter den klimatischen Verhältnissen des Ostens ausgeführt wurden, betrugen also die Zunahmen von Mitte September bis Ende Oktober bis zu 105 dz Wurzeln mit 18,7 dz Zucker pro Hektar. Das sind ganz gewaltige Zunahmen, die man mitzunehmen hat, soweit wie es die Abmachungen mit der Fabrik und der später eintretende Frost gestattet.

Die Zuckerrübe gebraucht für ihre Ernährung große Mengen von Nährstoffen. Sie nimmt hinsichtlich ihres Nährstoffbedarfs mit der Futterrübe unter allen landwirtschaftlichen Kulturpflanzen die erste Stelle ein. So wurden im Durchschnitt mehrerer Jahre dem Lößlehmboden der Versuchswirtschaft Lauchstädt bei normalen Düngungen folgende Nährstoffmengen pro Hektar entzogen:

	Stickstoff kg	Phosphorsäure kg	Kali kg
Winterweizensorten	86,1	36,2	82,5
Winterroggensorten	68,9	46,2	105,2
Wintergerstensorten	69,6	38,7	86,1
Sommergerstensorten	58,9	33,9	79,8
Hafersorten	84,7	43,0	113,9
Raps	124,0	—	—
Kartoffelsorten	113,5	37,2	165,8
Futterrübensorten	183,2	72,7	253,5
Zuckerrübensorten	201,0	69,4	231,7

Demnach ist der Nährstoffbedarf der Zucker- und Futterrübe bei weitem am höchsten. Die Zuckerrüben gebrauchen bei ihrem stark ausgebildeten Blattwuchs noch etwas mehr Stickstoff wie die Futterrüben.

Bei den statischen Versuchen der Versuchswirtschaft Lauchstädt wurden dem Boden folgende Nährstoffmengen im Durchschnitt von 7 Jahren pro Hektar entzogen:

Parzellen: Volldüngung.

	Mineralparzellen			Stalldüngerparzellen		
	Stickstoff kg	Phosphorsäure kg	Kali kg	Stickstoff kg	Phosphorsäure kg	Kali kg
Sommergerste . . .	65,50	31,38	69,49	66,03	33,88	84,38
Winterweizen . . .	104,84	42,80	109,48	104,23	47,23	125,84
Kartoffeln	118,67	32,35	124,46	139,55	43,97	197,66
Zuckerrüben . . .	189,18	62,06	218,06	205,89	69,16	241,43

Steht die Zuckerrübe hinsichtlich ihres Nährstoffbedarfs unter allen Kulturpflanzen obenan, so vermag sie aber auch vermöge ihres sehr ausgeprägten Wurzelsystems mehr wie alle anderen Kulturpflanzen die Nährstoffe des Bodens und die früherer Düngungen auszunutzen. Es wurden bei den Lauchstädter statischen Versuchen im Durchschnitt von 7 Jahren auf den dauernd ungedüngten Parzellen dem Boden folgende Nährstoffmengen entzogen:

Parzellen dauernd ungedüngt.

	Stickstoff kg	Phosphorsäure kg	Kali kg
Sommergerste	39,93	22,76	36,05
Winterweizen	70,61	31,69	59,88
Kartoffeln	73,47	20,94	60,84
Zuckerrüben	100,97	30,86	129,16

Die Zahlen zeigen, daß die Zuckerrübe die Nährstoffe des Bodens am besten auszunutzen vermag, besonders das Bodenkali, von dem sie über doppelt soviel aufgenommen hat als die Kartoffel und der Winterweizen und drei bis vier mal soviel als die Sommergerste.

Die Düngung der Zuckerrübe.

Trotz der vorzüglichen Ausnutzung der Bodennährstoffe gebraucht die Zuckerrübe bekanntlich noch hohe Düngungen, wenn hohe Ernten gemacht werden sollen.

Die Stallmistdüngung. Für die Stallmistdüngung ist die Zuckerrübe außerordentlich dankbar. Höchsterträge an Zuckerrüben können ohne Stalldünger auf allen besseren und mittleren Böden nicht gemacht werden (s. Seite 236). Aus diesem Grunde baue man die Zuckerrübe nach Möglichkeit in Stalldünger. Als zweckmäßige Gaben sind anzusehen 200—300 dz pro Hektar (100—150 Ztr. pro Morgen). Höhere Gaben als 150 Ztr. Stalldünger zu verwenden, ist unzweckmäßig, da so hohe Gaben nicht ausgenutzt werden können. Die dann noch fehlenden Nährstoffmengen gibt man zweckmäßig in Form von künstlichen Düngemitteln. Ein Beispiel aus der Lauchstädter Versuchstätigkeit möge dies zeigen. Es wurden im Durchschnitt von 4 normalen Jahren auf dem humosen Lößlehmboden der Versuchswirtschaft Lauchstädt folgende Ernten gemacht:

	Wurzeln pro ha dz	Zucker %	Zucker pro ha dz
Ohne jede Düngung	335,4	18,15	60,74
Stickstoff + Phosphorsäure + Kali ohne Stalldünger	448,6	18,43	82,60
200 dz Stalldünger allein	438,2	18,39	80,34
300 „ „ „	461,1	17,98	82,87
200 dz Stalldünger + Stickstoff	**479,4**	**17,73**	**85,37**
300 dz Stalldünger + Stickstoff	476,6	17,70	84,81
200 dz Stalldünger + Stickstoff + Phosphorsäure + Kali	**481,8**	**17,78**	**85,69**
300 dz Stalldünger + Stickstoff + Phosphorsäure + Kali	484,8	17,64	85,36

Ohne Beigabe von künstlichen Düngemitteln hatten 300 dz Stalldünger etwas höhere Rübenerträge, aber nicht viel mehr Zucker als 200 dz erzeugt. Mit Beidüngung, sogar schon mit Stickstoff allein, hatten aber 200 dz Stalldünger höhere Erträge erzeugt als 300 dz Stalldünger allein und die gleichen Erträge als 300 dz mit Stickstoff. Unter den vorliegenden Verhältnissen hatte eine Beigabe von 2 dz Salpeter pro Hektar (1 Ztr. pro Morgen) für jene

Höchsternten ausgereicht. Der Stalldünger ist unter den meisten Verhältnissen am zweckmäßigsten im Winter unterzupflügen. Ein tieferes Unterpflügen als 11—12 Zoll ist nicht zu empfehlen.

Die Gründüngung. Von allen Kulturpflanzen nutzt wohl die Zuckerrübe auf den Bodenarten, wo sie zum Anbau kommt, die Gründüngung am besten aus; jedoch kommt auf diesen Bodenarten die Wirkung der Gründüngung der des Stalldüngers nicht gleich. Es wurden in einem günstigen Jahre, wo gut geratene Gründüngung und guter Stalldünger ihre Wirkung besonders zeigen konnten, in der Versuchswirtschaft Lauchstädt folgende Ernten festgestellt:

	Zuckerrüben pro ha dz	Zucker %	Zucker pro ha dz
Ohne Gründüngung und ohne Stalldünger .	329,6	19,13	63,05
Gelbklee (vorzüglich geraten)	392,8	18,95	74,44
Gelbklee + 100 dz Stalldünger bester Qualität	423,1	18,70	79,12
200 dz Stalldünger bester Qualität	482,2	18,75	90,41

Die Gründüngung hatte also eine vorzügliche Wirkung gezeigt, jedoch die des Stalldüngers längst nicht erreicht. Steht daher in der Wirtschaft eine genügende Menge von Stalldünger für die Zuckerrübe zur Verfügung, so kann von der Gründüngung abgesehen werden; ist dies aber nicht der Fall, so ist die Gründüngung für die Zuckerrübe heranzuziehen. Eine Beidüngung von Stalldünger zur Gründüngung, besonders zur weniger gut geratenen Gründüngung, ist zu empfehlen; dieselbe darf aber nicht zu hoch bemessen werden.

Als Gründüngungspflanzen kommen für die Zuckerrübe auf den Bodenarten, wo sie angebaut wird, hauptsächlich in Frage als Untersaat die Kleearten, speziell der Gelbklee, als Stoppelsaaten ein Gemisch von Pferdebohnen, Erbsen und Wicken bezw. nur von Pferdebohnen und Erbsen oder nur von Pferdebohnen.

Seitens der Zuckerfabriken wurde früher und wird auch jetzt noch hier und da befürchtet, daß durch die Gründüngung der Zuckergehalt in starkem Maße herabgedrückt wird. Dies ist bei unseren jetzigen hochgezüchteten Zuckerrüben nicht mehr zu befürchten. Bei dem obigen Versuch betrug die prozentische Zuckererniedrigung:

durch Gelbklee . . . . . — 0,18% Zucker in der Rübe
durch Gelbklee + 100 dz Stalldünger . — 0,43 „ „ „ „ „
durch 200 dz Stalldünger . . . . — 0,38 „ „ „ „ „

Der Gelbklee hatte demnach den prozentischen Zuckergehalt am wenigsten herabgedrückt. Dies ist nicht zu verwundern, da der Stalldünger intensiver wirkt als die Gründüngung. Eine stärkere Zuckererniedrigung ist nur dann zu befürchten, wenn neben gut geratener Gründüngung höhere Stallmistgaben, besonders hohe Gaben von intensiv wirkendem Stallmist, zur Verwendung kommen. Bei früheren mehrjährigen Versuchen betrug die prozentische Zuckererniedrigung:

durch Gründüngung . . . . . — 0,20% Zucker in der Rübe
durch 400 dz Hofdünger . . . — 0,39 „ „ „ „ „
durch 400 dz Tiefstalldünger . . — 0,57 „ „ „ „ „
durch 5 dz Salpeter . . . . . — 0,50 „ „ „ „ „

Also auch hier war die prozentische Zuckererniedrigung bei der Gründüngung am geringsten, am höchsten bei den hohen Gaben von Tiefstalldünger.

Die Stickstoffdüngung. Die Zuckerrübe ist sehr stickstoffbedürftig. Die Höhe der Stickstoffdüngung ist, wenn von den Bodenverhältnissen abgesehen wird, von der Stallmist- bezw. Gründüngung abhängig zu machen. Durch die Stallmist- und Gründüngung wird das Stickstoffbedürfnis der Zuckerrübe zu einem großen Teil gedeckt, so daß die Stickstoffgaben bei in Stalldünger gebauten Rüben niedriger bemessen werden müssen, als bei nicht in Stalldünger gebauten Rüben. Ein Beispiel hierfür aus der Lauchstädter Versuchstätigkeit. Es wurden erzeugt:

Versuchsreihe I. Durchschnitt von 5 Jahren.

Zuckerrüben ohne Stalldünger.

Düngung auf 1 ha	Zuckerrüben	Zucker	Durch den 3. und 4. bezw. 5. und 6. dz Salpeter: Zuckerrüben	Zucker
	dz	dz	dz	dz
Durch 2 dz Salpeter . .	+ 53,7	+ 9,54	—	—
„ 4 „ „ . .	+ 77,9	+ 11,29	+ 24,2	+ 1,75
„ 6 „ „ . .	+ 78,2	+ 11,31	+ 0,3	+ 0,02
Zuckerrüben in 400 dz Stalldünger.				
Durch 2 dz Salpeter . .	+ 35,8	+ 6,10	—	—
„ 4 „ „ . .	+ 31,2	+ 2,38	— 4,6	— 3,72

Versuchsreihe II. Durchschnitt von 4 Jahren.

Zuckerrüben ohne Stalldünger.

Düngung auf 1 ha	Zuckerrüben	Zucker	Durch den 5. und 6. dz Salpeter: Zuckerrüben	Zucker
	dz	dz	dz	dz
Durch 4 dz Salpeter . .	+ 92,8	+ 16,95	—	—
„ 6 „ „ . .	+ 104,7	+ 16,76	+ 1,19	— 0,19
Zuckerrüben in 200 dz Stalldünger.				
Durch 4 dz Salpeter . .	+ 36,6	+ 3,80	—	—

Diese Zahlen zeigen, daß auf dem humosen Lößlehmboden der Versuchswirtschaft Lauchstädt für nicht in Stalldünger gebaute Rüben 4 dz Salpeter pro Hektar (2 Ztr. pro Morgen), für in Stalldünger gebaute Rüben 2 dz pro Hektar (1 Ztr. pro Morgen) als ausreichend anzusehen sind. Über diese Gaben hinaus vermochten weitere Gaben von Salpeter die Zuckerproduktion nicht weiter zu steigern. Es gibt aber Böden, welche nicht soviel Stickstoff der Rübe liefern, als der humose Lößlehmboden, so daß für solche Böden die Stickstoffgaben etwas höher bemessen werden können. Solche Böden sind einzelne schwere Böden,

typische Lehmböden, sandige Lehmböden und Sandböden. Auf solchen Böden können sich Düngungen bis 6 dz Salpeter pro Hektar (3 Ztr. pro Morgen) ohne Stalldünger und bis 4 dz Salpeter pro Hektar (2 Ztr. pro Morgen) neben Stalldünger rentieren. Demnach können Düngungen in folgender Höhe in Frage kommen:

Zuckerrüben in reiner Mineraldüngung: 4—6 dz Salpeter pro Hektar bezw. entsprechende Ammoniakmengen,

Zuckerrüben in Stalldünger oder Gründüngung: 2—4 dz Salpeter pro Hektar bezw. entsprechende Ammoniakmengen.

Was die Form der Stickstoffdüngung betrifft, so ist der Salpeter entschieden die geeignetste Form für die Zuckerrübe. Bei den vielen Versuchen, welche über die Wirkung der verschiedenen Stickstofformen angestellt wurden, hat der Salpeter bei der Zuckerrübe entschieden mehr geleistet als das schwefelsaure Ammoniak. Aus diesem Grunde gibt man der Zuckerrübe da, wo kleinere oder mittlere Stickstoffgaben in Aussicht genommen werden, so wie dies neben einer Stallmistdüngung oder einer Gründüngung zu geschehen hat, immer am besten in Form von Salpeter. Nur wenn hohe Gaben von Stickstoff vorgesehen werden, dürfte eine kombinierte Anwendung von Ammoniak und Salpeter am Platze sein, da durch hohe Gaben von Salpeter der Boden leicht eine Verkrustung erfährt. In solchem Falle gibt man zweckmäßig die Hälfte der Stickstoffdüngung als Ammoniak und zwar als Ammoniak-Superphosphat vor der Bestellung und die andere Hälfte in Form von Salpeter als Kopfdünger. Für das Ammoniak kann auch Kalkstickstoff angewendet werden.

Was die Kopfdüngung betrifft, so ist dieselbe immer in Form von Salpeter zu geben. Die letzte Gabe soll im allgemeinen nicht später als 15. bis 20. Juni erfolgen. Kopfdüngungen, welche bis zu dieser Zeit erfolgen, rufen eine prozentische Zuckererniedrigung bei unseren jetzigen hochgezüchteten Zuckerrüben nicht hervor. So betrug z. B. nach mehrjährigen Versuchen der Versuchsstation Halle der Zuckergehalt im Durchschnitt mehrerer Jahre:

	4 dz Salpeter pro Hektar (ganze Gabe bei der Bestellung)	4 dz Salpeter pro Hektar (2 dz bei der Bestellung 2 dz als Kopfdüngung) (bis 20. Juni)
Sandboden	17,25%	17,15%
Lehmiger Sandboden	16,10 „	16,25 „
Milder Lehmboden	18,15 „	18,05 „
Schwerer Lehmboden	17,25 „	17,20 „
Mittel	17,19%	17,16%.

Es lag demnach der prozentische Zuckergehalt bei der Kopfdüngung auf allen Bodenarten ebenso hoch, als da, wo die ganze Stickstoffmenge bei der Bestellung verabreicht wurde. Der erzielte Mehrertrag war ungefähr der gleiche. Da, wo die Salpetergabe in ihrer ganzen Menge bei der Bestellung verabreicht wurde, betrug der Mehrertrag 88,1 dz Wurzeln, da wo die geteilte Gabe erfolgte 83,1 dz Wurzeln.

Die Phosphorsäuredüngung. Die Zuckerrübe zeigt auch ein hohes Phosphorsäurebedürfnis, besonders macht sich dasselbe bemerkbar in ihrer frühesten Jugend. Die statischen Versuche der Versuchswirtschaft Lauchstädt zeigen alljährlich nach dieser Richtung hin ein sehr interessantes Bild. Auf den Parzellen, die dauernd keine Phosphorsäure erhalten, weder Stalldünger noch phosphorsäurehaltige Handelsdünger, zeigen die Rüben zunächst eine ganz kümmerliche Entwicklung, während sie auf den Stalldüngerparzellen, oder auf den Parzellen, welche die Phosphorsäuredüngung in anderer Form erhalten, eine freudige schnelle Entwicklung zeigen. Allmählich entwickeln sich aber auch die nicht mit Phosphorsäure gedüngten Rüben und fallen später von den mit Phosphorsäure gedüngten Rüben nicht mehr so ab, als man nach dem ersten Anblick erwarten sollte, ein Zeichen dafür, daß mit fortschreitender Entwicklung die Zuckerrübe auch die Bodenphosphorsäure in hohem Maße auszunutzen vermag.

Die Höhe der Phosphorsäuredüngung ist, wenn von den Bodenverhältnissen abgesehen wird, in erster Linie von der Stallmistdüngung abhängig zu machen. Durch den Stalldünger führen wir, wie wir bereits gesehen (s. S. 219), dem Boden hohe Mengen von Phosphorsäure zu und diese Phosphorsäure zeigt auch eine vorzügliche Wirkung, ganz besonders bei der Zuckerrübe. Es wurden bei den statischen Versuchen der Versuchswirtschaft Lauchstädt folgende Phosphorsäuremengen von der Zuckerrübe aufgenommen:

Durchschnitt von 7 Jahren.

	Aufgenommene Phosphorsäuremengen pro ha	
	kg	%
Aus 200 dz Stalldünger mit 84,8 kg Phosphorsäure .	31,75	37,9
Aus Superphosphat mit 100 kg Phosphorsäure . . .	29,40	29,4

Es wird demnach das Phosphorsäurebedürfnis der Zuckerrübe zu einem großen Teil durch eine Stallmistdüngung gedeckt. Demnach kann eine Phosphorsäuredüngung neben Stalldünger nicht die Wirkung zeigen als ohne Stalldünger. So wurden bei den statischen Versuchen der Versuchswirtschaft Lauchstädt folgende Mehrerträge festgestellt:

Durchschnitt von 7 Jahren.

	Wurzeln pro ha dz	Zucker pro ha dz
Durch Phosphorsäure ohne Stalldünger	+ 44,0	+ 9,03
Durch Phosphorsäure neben Stalldünger	+ 13,6	+ 2,71

Im ersteren Falle hatte also die Phosphorsäuredüngung eine dreimal so hohe Wirkung gezeigt, als im letzteren Falle, wo das Phosphorsäurebedürfnis der Rübe zum größten Teil durch den Stalldünger gedeckt wurde. Die Phosphorsäuredüngung muß daher für nicht in Stalldünger gebaute Rüben höher bemessen werden, als für in Stalldünger gebaute Rüben. Im allgemeinen können folgende Phosphorsäuregaben empfohlen werden:

Zuckerrüben in reiner Mineraldüngung oder Gründüngung: 60—80 kg Phosphorsäure pro Hektar.
Zuckerrüben in Stalldünger: 30—40 kg Phosphorsäure pro Hektar.

Man war früher in dem Glauben und ist auch jetzt noch vielfach in dem Glauben, daß der Zuckergehalt durch eine Phosphorsäuredüngung erhöht wird. Dies trifft nicht zu, wenn die Rüben reif abgeerntet werden. Es beweisen dies: 1. die einwandfreien Vegetationsversuche von Hellriegel und 2. die vielen Untersuchungen, welche bei Rüben der Versuchswirtschaft Lauchstädt ausgeführt werden (s. S. 112). Bei den vorher aufgeführten statischen Versuchen der Versuchswirtschaft Lauchstädt betrug der Zuckergehalt:

	Durchschnitt von 7 Jahren
Ohne Stalldünger mit Superphosphat	17,93 % Zucker
Nur Stalldünger ohne Superphosphat	17,85 „ „
Stalldünger mit Superphosphat	17,92 „ „
Ohne Stalldünger und ohne Superphosphat . .	17,63 „ „

Hier bei diesen Versuchen zeigten die Rüben ohne jede Phosphorsäuredüngung einen um $^8/_{10}$ % niedrigeren Zuckergehalt. Es ist dies zurückzuführen hauptsächlich auf ein Jahr, in welchem die Rüben infolge kalter Witterung nicht die nötige Reife erlangten und deshalb hier die Phosphorsäuredüngung zur Reifebeschleunigung besonders beitragen konnte. Da, wo die Rüben in Stalldünger gebaut wurden, hatte die Phosphorsäure des Stalldüngers für die Ausreifung genügt. Es möge aber bei dieser Betrachtung hervorgehoben werden, daß es jedenfalls zahlreiche klimatische Verhältnisse gibt, wo eine Reifebeschleunigung durch die Phosphorsäure mehr in Frage kommt und die Phosphorsäuredüngung bezüglich der Qualität der Rübe mehr in den Vordergrund tritt.

Was die Form der Phosphorsäuredüngung betrifft, so verlangt die Rübe nach einer leicht aufnehmbaren Phosphorsäure, besonders in früher Jugend. Aus diesem Grunde gebe man ihr die Phosphorsäure nicht nur auf den besseren Böden in Form von Superphosphat, sondern einen Teil der Phosphorsäure auch auf den leichten Böden in dieser Form.

Die Kalidüngung. Die Zuckerrübe ist, wie die Futterrübe und die Kartoffel, eine typische Kalipflanze, vermag aber vermöge ihres sehr ausgeprägten Wurzelsystems dem Boden das Kali leichter zu entziehen, als die Futterrübe und weit leichter als die Kartoffel. Aus diesem Grunde werden bei der Zuckerrübe durch die Kalidüngung im allgemeinen nicht so hohe Mehrerträge erzielt als bei der Futterrübe und der Kartoffel, jedoch gibt es Ausnahmen. Auch die Kalidüngung ist, wenn vom Boden abgesehen wird, in erster Linie abhängig zu machen von der Stallmistdüngung. Der Stalldünger enthält durchschnittlich 0,7 % Kali, so daß wir z. B. mit 200 dz Stalldünger pro Hektar dem Boden 140 kg Kali zuführen, Mengen, wie sie in ca. 11 dz Kainit enthalten sind. Das Stallmistkali wird auch von der Zuckerrübe gut ausgenutzt. Es wurden z. B. bei den statischen Versuchen der Versuchswirtschaft Lauchstädt folgende Kalimengen von der Zuckerrübe aufgenommen:

Durchschnitt von 7 Jahren.

	Aufgenommene Kalimengen pro ha kg	%
Aus 200 dz Stalldünger mit 138,6 kg Kali . . .	53,00	38,3
Aus 3 dz 40prozent. Kalisalz mit 120 kg Kali . .	78,85	65,7

Demnach wird das Kalibedürfnis der Zuckerrübe zu einem nennenswerten Teil durch die Stallmistdüngung gedeckt, so daß eine Kalidüngung neben Stalldünger nicht die Wirkung zeigen kann, als ohne Stalldünger. Es wurden bei den statischen Versuchen der Versuchswirtschaft Lauchstädt folgende Mehrerträge festgestellt:

Durchschnitt von 7 Jahren.

	Wurzeln pro ha dz	Zucker pro ha dz
Durch Kali ohne Stalldünger	+9,9	+4,60
Durch Kali neben Stalldünger	+1,8	+0,51

Es hatte also die Kalidüngung da, wo die Rüben in Stalldünger standen, eine Wirkung nicht gezeigt, während sie da, wo die Rüben nicht in Stalldünger angebaut wurden, den Wurzelertrag, besonders aber den Zuckerertrag, erhöht hatte.

In der Versuchswirtschaft Dikopshof[1]) wurden folgende Mehrerträge festgestellt:

Durchschnitt von 4 Jahren.

	Wurzeln pro ha dz	Zucker pro ha dz
Durch Kali ohne Stalldünger	+75,4	+14,64
Durch Kali neben Stalldünger	+22,2	+ 2,62

Auf diesem Boden war die Kalireaktion eine weit stärkere, so daß auch noch neben Stalldünger eine Kaliwirkung vorhanden war. Die letztere war aber nur gering im Vergleich zu der Kaliwirkung, welche bei den nicht mit Stallmist gedüngten Rüben erzielt wurde.

Die beiden obigen Beispiele zeigen gleichzeitig, daß das Kalidüngebedürfnis der Böden ein außerordentlich verschiedenes ist. Im allgemeinen lohnt die Zuckerrübe wohl die Kalidüngung am meisten auf den Sandböden, sandigen Lehmböden und Moorböden. Es gibt aber auch zahlreiche Fälle, wo auf Lehmböden und Lößlehmböden hohe Mehrerträge durch die Kalidüngung erzielt werden. Es wurden z. B. folgende Mehrernten auf Mineralparzellen festgestellt:

---

[1]) Landwirtschaftliche Jahrbücher 1908 und 1911.

	Wurzeln pro ha dz	Zucker pro ha dz
Lehmböden, Versuchsstation Darmstadt,[1]) Durchschnitt von 5 Versuchen	+ 36,0	?
Sandiger Lehmboden, Versuchsstation Halle,[2]) Durchschnitt von 2 Versuchen	+ 23,9	+ 4,7
Sandiger Lehmboden, Versuchsstation Breslau, 1 Versuch	+ 68,0	+ 9,5
Sandiger Lehmboden, Versuchswirtschaft Pentkowo,[3]) Durchschnit von 3 Jahren	+ 45,5	+ 9,7
Lößlehmboden, Versuchswirtschaft Dikopshof,[4]) Durchschnitt von 4 Jahren	+ 75,4	+ 14,6

Solche Beispiele könnten noch in größerer Anzahl angeführt werden, so daß man annehmen kann, daß die Zuckerrübe auf den meisten Böden eine Kalidüngung lohnt, wenn sie nicht in Stalldünger steht, d. h. also, wenn sie in reiner Mineraldüngung, Gründüngung, Klee- oder Luzernestoppel angebaut wird. Ausnahmen sind aber, wie z. B. Versuche von Immendorff und dem Verfasser zeigen, vorhanden, so daß die Frage der Kalidüngung nur durch Versuche an Ort und Stelle entschieden werden kann. Neben Stalldünger, besonders neben reichlichen Gaben von gutem Stalldünger, ist eine Kalidüngung bei der Zuckerrübe meist nicht angebracht, es müßte sich denn um sehr kalibedürftige Böden oder Nematodenland handeln. Ausnahmen gibt es aber auch hier. So zeigen z. B. die Versuche der Versuchswirtschaft Dikopshof, daß auf dem dortigen ziemlich kalireichen Lößlehmboden die Zuckerrübe auch noch neben Stalldünger eine Kalidüngung lohnt. Als ausreichend sind im allgemeinen anzusehen:

Zuckerrüben in reiner Mineraldüngung oder Gründüngung: 3 dz 40prozent. Kalisalz oder 6—8 dz Kainit pro Hektar,

Zuckerrüben in Stalldünger: 0—2 dz 40prozent. Kalisalz oder 0—4 dz Kainit pro Hektar.

Unsere alten Rübensorten zeigten sich gegen eine Kalidüngung sehr empfindlich. Es wurde bei ihnen der Zuckergehalt durch die Kalidüngung in erheblichem Maße herabgedrückt. Bei unseren jetzigen hochgezüchteten Zuckerrüben ist dies nicht mehr der Fall. Es zeigt dies z. B. ein im Jahre 1897 in der Versuchswirtschaft Lauchstädt ausgeführter Versuch, bei welchem vergleichsweise eine neue hochgezüchtete Sorte und eine alte grobe Sorte geprüft wurde. Bei diesem Versuch wurden folgende Mehrerträge festgestellt:

	Wurzeln pro ha dz	Zucker %	Zucker pro ha dz
Grobe Rübensorte durch Kalidüngung . . .	+ 56,0	— 1,40	+ 0,44
Hochgezüchtete Rübensorte durch Kalidüngung	+ 33,2	+ 0,05	+ 5,47

[1]) Arbeiten der D. L.-G. Heft 96.
[2]) Arbeiten der D. L.-G. Heft 193.
[3]) Illustrierte landwirtschaftliche Zeitung.
[4]) Landwirtschaftliche Jahrbücher 1908 und 1911.

Der bei der alten Rübensorte durch die Kalidüngung erzielte Mehrertrag an Wurzeln war ein außerordentlich hoher, 56 dz; der prozentische Zuckergehalt war aber durch die Kalidüngung derartig herabgedrückt worden, daß ein Gewinn an Zucker, auf welchen es ja ankommt, nicht erzielt wurde. Anders verhielt sich die hochgezüchtete Rübensorte. Bei ihr war eine Erniedrigung des prozentischen Zuckergehaltes nicht eingetreten, sondern sogar eine kleine Erhöhung, so daß bei dem erzielten Mehrertrag an Wurzeln ein nennenswerter Gewinn an Zucker zu verzeichnen war. Jetzt gibt es keine Rübensorte mehr, bei welcher eine prozentische Zuckererniedrigung durch die Kalidüngung zu befürchten ist. Im Gegenteil, es wird bei den jetzigen Rübensorten der prozentische Zuckergehalt durch die Kalidüngung gesteigert, wie dies die folgenden Zahlen zeigen:

Durch Kalidüngung.				Zucker %
Versuchsstation Braunschweig,[1]) . . .	Durchschnitt von	4	Versuchen	+0,2
„ Breslau,[1])	„ „	9	„	+0,2
Landw. Institut der Universität Göttingen,[1])	„ „	2	„	+0,6
Versuchsstation Halle,[1])	„ „	21	„	+0,3
„ Königsberg,[1])	„ „	2	„	−0,2
Versuchswirtschaft Pentkowo[2])	„ „	3	Jahren	+0,2
„ Dikopshof[3])	„ „	4	„	+0,3
„ Lauchstädt[4])	„ „	7	„	+0,6

Wir sehen also aus diesen Zahlen, welche unter den verschiedensten Verhältnissen gewonnen wurden, daß die Kalidüngung bei unseren jetzigen hochgezüchteten Rübensorten nicht nur keine Erniedrigung des Zuckergehaltes hervorruft, sondern sogar eine Erhöhung.

Die Form der Kalisalze. Bei den zahlreichen Versuchen, welche über die Wirkung des Kainits und des 40prozent. Kalisalzes zu Zuckerrüben ausgeführt wurden, hat mal der Kainit, mal das 40prozent. Kalisalz etwas besser abgeschnitten. Auf den besseren Böden hat im Durchschnitt das 40prozent. Kalisalz etwas besser abgeschnitten, so daß man diesen Böden, welche auch leichter eine Verkrustung durch höhere Salzgaben erleiden, die Kalidüngung im allgemeinen besser in Form des 40prozent. Kalisalzes gibt, während man den leichteren Böden die Kalidüngung zu Zuckerrüben ebenso gut, unter Umständen noch mit größerem Vorteil, in Form des Kainits geben kann. Der prozentische Zuckergehalt wird weder durch eine Düngung mit 40prozent. Kalisalz, noch durch eine solche mit Kainit herabgedrückt.

Was die Zeit der Anwendung der Kalisalze betrifft, so zeigten u. a. Versuche der Versuchsstation Halle[5]), daß es vorteilhafter ist, den besseren und schweren Böden und auch den lehmigen Sandböden die Kalidüngung im Herbst zu geben als im Frühjahr. Es betrugen die Mehrerträge:

[1]) Arbeiten der D. L.-G. Heft. 81.
[2]) Illustrierte landwirtschaftliche Zeitung.
[3]) Landwirtschaftliche Jahrbücher 1908 und 1911.
[4]) Berichte der Versuchswirtschaft Lauchstädt. Landw. Jahrbücher 1910.
[5]) Arbeiten der D. L.-G. Heft 193.

	Kali-Herbstdüngung			Kali-Frühjahrsdüngung		
	Wurzeln	Zucker		Wurzeln	Zucker	
	pro ha dz	%	pro ha dz	pro ha dz	%	pro ha dz
Lehmiger Sandboden	+ 31,3	+ 0,2	+ 5,5	+ 16,5	+ 0,4	+ 3,7
Humoser Lehmboden	+ 12,1	+ 0,4	+ 3,7	+ 7,8	+ 0,4	+ 2,9

Auf beiden Böden hatte also die Herbstdüngung besser abgeschnitten, so daß man wohl für diese Böden die Herbstdüngung mehr empfehlen kann, wie die Frühjahrsdüngung, zumal dann, wenn man größere Kalisalzgaben vorgesehen hat, welche man im Herbst am besten unterpflügt. Auf ganz leichten Böden kann es vorkommen, daß die Frühjahrsdüngung mal besser abschneidet als die Herbstdüngung. Solche Böden kommen ja aber für die Zuckerrübenkultur kaum in Frage.

Beispiel für die Düngung der Zuckerrübe.

Zuckerrüben ohne Stalldünger (reine Mineraldüngung).

a) Nach Stickstoffzehrern.

3 dz 40prozent. Kalisalz oder 6—8 dz Kainit,
4 dz Superphosphat (leichteren Böden event. einen Teil der Phosphorsäure als Thomasmehl),
4—6 dz Salpeter in 2 oder 3 Gaben, letztere Gabe spätestens bis 20. Juni (je nach Boden),
oder oft besser erste Stickstoffgabe bei der Bestellung in Form von Ammoniak als Ammoniak-Superphosphat,[1]) 2. bezw. 3. Gabe als Salpeter-Kopfdüngung.

b) Nach Leguminosen (Klee, Luzerne, Erbsen, Bohnen usw.).
Kali und Phosphorsäure wie bei a)
3—5 dz Salpeter in 2 Gaben oder erste Stickstoffgabe in Form von Ammoniak als Ammoniak-Superphosphat.

Zuckerrüben in Stalldünger (200—300 dz).

2 dz 40prozent. Kalisalz oder 4 dz Kainit (nur kalibedürftigeren Böden),
2—3 dz Superphosphat,
2—4 dz Salpeter je nach Art des Stalldüngers.

Zuckerrüben in Gründüngung.

3 dz 40prozent. Kalisalz oder 6—8 dz Kainit,
4 dz Superphosphat (leichteren Böden event. einen Teil der Phosphorsäure als Thomasmehl),
2—4 dz Salpeter je nach Stand der Gründüngung.

Für Ammoniak kann auch Kalkstickstoff angewendet werden.

[1]) Siehe Düngung der Fruchtfolgen, Beispiel I Ammoniak-Superphosphat-Mischungen.

Wie dieses Beispiel zeigt, sind neben Gründüngung Phosphorsäure und Kali in gleichen Mengen, neben Stalldünger in geringerer Menge zu geben als in reiner Mineraldüngung, da durch den Stalldünger, wie wir gesehen haben, das Phosphorsäure- und Kalibedürfnis zum Teil, unter Umständen ganz, gedeckt wird. Die Stickstoffgaben können neben der üblichen Stallmistdüngung und neben einer gut geratenen Gründüngung gleich bemessen werden, je nach Boden zu 2—4 dz Salpeter pro Hektar (1—2 Ztr. pro Morgen), während in reiner Mineraldüngung je nach Boden 4—6 dz pro Hektar (2—3 Ztr. pro Morgen) bezw. entsprechende Ammoniakmengen nötig sind. Für die milden humosen Lehmböden, welche viel von ihrem eignen Stickstoffkapital hergeben, genügen meist die niedrigeren Stickstoffgaben, während für feuchtere Sandböden, für verschiedene sandige Lehmböden und einige schwere Bodenarten die höheren Stickstoffgaben vorgesehen werden können. Für Ammoniak kann auch Kalkstickstoff angewendet werden, jedoch darf derselbe nicht gleichzeitig mit Superphosphat ausgestreut werden. Der Kalkstickstoff ist vor der Bestellung zu geben, mindestens 5 Tage vor derselben, und ordentlich einzukrümmern.

Die Futterrübe.

Die meisten Landwirte sind in dem Glauben, daß mit der Futterrübe mehr produziert wird, als mit der Zuckerrübe. Dies ist auf den besseren Böden nicht der Fall. Zwar sind die Rohernten, welche mit den wasserreichen Futterrüben gemacht werden, erheblich höhere als die, welche mit der wasserarmen Zuckerrübe gewonnen werden, nicht aber die produzierten Trockensubstanzmengen, auf welche es ankommt. Daß auf den besseren Böden die Zuckerrübe mindestens dasselbe leistet, als die Futterrübe, zeigen z. B. die Anbauversuche der Versuchswirtschaft Lauchstädt. Es wurden z. B. geerntet:

Durchschnitt von 5 Jahren.

	Wurzeln			Kraut			Summa Trockensubstanz
	frisch pro ha	Trockensubstanz		frisch pro ha	Trockensubstanz		
	dz	%	pro ha dz	dz	%	pro ha dz	dz
Eckendorfer	1156,9	11,50	120,09	157,2	12,23	19,16	139,25
Mohrenweißers	910,2	13,84	123,92	251,3	11,46	28,68	152,60
Rote Mammut	871,2	13,77	118,05	228,1	12,16	27,54	145,59
Substantia	751,6	15,49	115,91	212,1	11,75	24,93	140,84
Zuckerrübe	474,6	25,21	119,17	393,8	14,72	57,95	**177,12**

Demnach wurden mit den Zuckerrübenwurzeln dieselben Mengen an Trockensubstanz erzeugt, als mit den Futterrübenwurzeln, mit 475 dz Zuckerrüben die gleichen Mengen an Trockensubstanz wie mit 1157 dz Eckendorfer Futterrüben. Der Rohertrag steht im umgekehrten Verhältnis zu den Trockensubstanzprozenten. Je höher die Rohernte, desto geringer die Trockensubstanzprozente, je ge-

ringer die Rohernte, desto höher die Trockensubstanzprozente. Die Eckendorfer Futterrübe zeigt mit der höchsten Rohernte den niedrigsten Trockensubstanzgehalt, die Substantia mit dem niedrigsten Rohertrag von den Futterrüben den höchsten prozentischen Trockensubstanzgehalt. Bei weitem am höchsten ist der Trockensubstanzgehalt der Zuckerrübe, ungefähr doppelt so hoch als der durchschnittliche Trockensubstanzgehalt der Futterrüben. Die Mehrernten bestehen demnach nur aus Wasser. Rechnet man das Kraut zu den Futterrüben- und den Zuckerrübenwurzeln noch hinzu, so steht die Zuckerrübe hinsichtlich ihrer Leistungsfähigkeit mit 177 dz Trockensubstanz obenan.

Auch an Protein wird mit den Futterrüben nicht mehr produziert als mit den Zuckerrüben, wenn man in beiden Fällen das Kraut mit berücksichtigt. Es taucht häufig noch der Gedanke auf, die Futterrüben durch Züchtung und Düngung zu einer höheren Produktion von Protein zu bringen. Das ist eine vergebliche Mühe.

Zahlreiche frühere Untersuchungen vom Verfasser[1]) zeigten, daß, wenn der Proteingehalt der Rübe einmal eine Steigerung erfährt, dies immer geschieht durch einen Zuwuchs von Amiden. So betrug z. B. bei Rüben ein und derselben Züchtung

der höchste Rohproteingehalt	1,60 %,	darin	0,47 %	Reineiweiß,	1,13 %	Amide
„ niedrigste „	0,65 „	„	0,39 „	„	0,26 „	„
Rohprotein	+0,95 %,	darin	+0,08 %	Reineiweiß,	+0,87 %	Amide

Dasselbe Resultat ergaben Untersuchungen bei einer anderen Züchtung. Es betrug

der höchste Rohproteingehalt	1,34 %,	darin	0,62 %	Reineiweiß,	0,72 %	Amide
„ niedrigste „	0,76 „	„	0,51 „	„	0,25 „	„
Rohprotein	+0,58 %,	darin	+0,11 %	Reineiweiß,	+0,47 %	Amide

Demnach blieb also auch bei dem höchsten Rohproteingehalt der Reineiweißgehalt stets ein niedriger.

Wie gleichmäßig der Reineiweißgehalt ist, zeigten ferner folgende vom Verfasser gewonnene Mittelzahlen von verschiedenen Rübensorten, welche auch unter verschiedenen Verhältnissen gewachsen waren:

Eckendorfer	0,46 %	Reineiweiß	im	Mittel	von	11	Bestimmungen
Mammut	0,48 „	„	„	„	„	3	„
Oberndorfer	0,52 „	„	„	„	„	3	„
Verschiedene Sorten . .	0,52 „	„	„	„	„	8	„
16 versch. Sorten, landw. Versuchsfeld der Univ. Breslau[2])	0,48 „	„	„	„	„	16	„
7 versch. Sorten ebendas.	0,42 „	„	„	„	„	10	„

Nehmen wir an, daß die Futterrüben durchschnittlich 0,50 % Reineiweiß aufweisen, ein Prozentgehalt, welcher oft gar nicht erreicht wird, so führt man

[1]) Blätter für Zuckerrübenbau 1901.

[2]) v. Rümker, Blätter für Zuckerrübenbau 1900.

mit 50 Pfd. Futterrüben nur die kleine Menge von 0,25 Pfd. Reineiweiß in eine Futterration ein, welche nicht einmal vollständig verdaulich ist. Es spielt also der Eiweißgehalt bei der Futterrübe nur eine geringe Rolle und es wird weder dem Züchter noch dem Landwirt gelingen, mit der Rübe nennenswerte Mengen von Protein zu erzeugen. Zur Produktion von Protein besitzen wir andere Kulturpflanzen; die Futterrüben sind ebenso wie die Zuckerrüben in erster Linie dazu berufen, Kohlehydrate, vorzugsweise Zucker, zu produzieren.

Mit der Futterrübe wird, wie wir sahen, auf besseren Böden nicht mehr Trockensubstanz und nicht mehr Protein produziert als mit der Zuckerrübe. Es gebraucht auch deshalb die Futterrübe für ihre Ernährung ungefähr dieselben Mengen an Stickstoff, Phosphorsäure und Kali, wie die Zuckerrübe. Es wurden bei Versuchen der Versuchswirtschaft Lauchstädt pro Hektar aufgenommen:

Durchschnitt von 4 Jahren.

	Stickstoff kg	Phosphorsäure kg	Kali kg
Futterrübensorten	183,2	72,7	253,5
Zuckerrübensorten	201,0	69,4	231,7

Die Verteilung der aufgenommenen Nährstoffe auf Wurzeln und Kraut ist aber hierbei eine ganz verschiedene. Es befanden sich:

	Wurzeln			Kraut		
	Stickstoff kg	Phosphorsäure kg	Kali kg	Stickstoff kg	Phosphorsäure kg	Kali kg
Futterrübensorten . . .	125,2	58,3	213,3	58,0	14,4	40,2
Zuckerrübensorten . . .	88,4	35,8	97,6	112,6	33,6	134,1

Während die Futterrübe auf 1 ha 125,2 kg Stickstoff in den Wurzeln und 58,0 kg im Kraut aufspeicherte, befanden sich bei der Zuckerrübe 88,4 kg Stickstoff in den Wurzeln und 112,6 kg im Kraut. Ebenso große Unterschiede bestehen in dieser Richtung bei der Phosphorsäure und noch größere beim Kali. In den Wurzeln der Futterrübe befinden sich beinahe doppelt so hohe Phosphorsäuremengen und über doppelt so hohe Kalimengen als in den Wurzeln der Zuckerrübe, während umgekehrt das Kraut der Zuckerrübe über doppelt soviel Phosphorsäure und die 3—4fachen Mengen an Kali enthält als das Kraut der Futterrübe.

Die Düngung der Futterrübe.

Gebraucht die Futterrübe ungefähr die gleichen Mengen von Nährstoffen, wie die Zuckerrübe, so vermag sie aber die Nährstoffe des Bodens nicht ganz in dem Maße auszunutzen als die tiefer wurzelnde Zuckerrübe. Aus diesem Grunde muß die Düngung der Futterrübe im allgemeinen etwas reichlicher bemessen werden als die der Zuckerrübe. Es betrifft dies besonders den Stickstoff und das Kali.

Die Stallmistdüngung. Ebenso wie die Zuckerrübe ist auch die Futterrübe für eine Stallmistdüngung außerordentlich dankbar. Man baue sie deshalb nach Möglichkeit in Stalldünger an. Höhere Gaben als 300 dz Stalldünger sind auch bei ihr nicht am Platze. Auch etwa vorhandene Jauche kann bei der Futterrübe mit Vorteil angewendet werden.

Die Gründüngung. Auch für die Gründüngung ist die Futterrübe ebenso dankbar wie die Zuckerrübe. Die Gründüngung spielt bei ihr auf den leichteren Böden eine ganz besondere Rolle und ist auch für sie auf den besseren Böden überall da ins Auge zu fassen, wo es an ausreichenden Mengen von Stalldünger fehlt. Auch eine kombinierte Anwendung von Gründüngung und Stalldünger ist unter Umständen zu empfehlen, wobei die Stalldüngergaben aber nicht zu hoch zu bemessen sind. Es tritt dann leicht eine starke Erniedrigung des prozentischen Trockensubstanzgehaltes bei ihr ein, so daß unter solchen Verhältnissen ein Gewinn an Trockensubstanz, worauf es ankommt, nicht erzielt wird.

Die Stickstoffdüngung. Die Futterrübe vermag den Stickstoff des Bodens nicht ganz so gut auszunutzen als die Zuckerrübe und gebraucht deshalb im allgemeinen noch etwas höhere Stickstoffgaben als die letztere. Bei Versuchen, welche der Verfasser[1]) mit 4 oder 6 dz Salpeter ausführte, wurden folgende Mehrerträge festgestellt:

	Durch 4 dz Salpeter		Durch 6 dz Salpeter		Durch 6 dz mehr als durch 4 dz	
	Wurzeln		Wurzeln		Wurzeln	
	frisch pro ha dz	Trockensubstanz pro ha dz	frisch pro ha dz	Trockensubstanz pro ha dz	frisch pro ha dz	Trockensubstanz pro ha dz
Feuchter Sandboden, Durchschnitt von 2 Versuchen .	+ 222,3	+ 23,3	+ 346,2	+ 38,6	+ 123,9	+ 15,3
Humoser Lößlehmboden, 1 Versuch	+ 292,6	+ 32,6	+ 395,6	+ 39,9	+ 103,0	+ 7,3
Lehmboden, 1 Versuch . .	+ 217,1	+ 18,3	+ 301,0	+ 19,5	+ 83,9	+ 1,2

Demnach wurden durch 6 dz Chilesalpeter pro Hektar (3 Ztr. pro Morgen) mehr geerntet als durch 4 dz Salpeter pro Hektar (2 Ztr. pro Morgen) auf dem Sandboden 123,9 dz, auf dem humosen Lößlehmboden 103 dz und auf dem Lehmboden 83,9 dz Futterrüben oder mit anderen Worten, es brachte der dritte Zentner Salpeter auf dem Sandboden 62, auf dem humosen Lößlehmboden 52 und auf dem Lehmboden 42 Ztr. auf 1 Morgen. Bei den beiden ersten Bodenarten hat sich die höhere Stickstoffgabe von 6 dz Salpeter pro Hektar (3 Ztr. pro Morgen) gut bezahlt gemacht, während bei dem Lehmboden zwar eine noch hohe Mehrernte durch die höhere Stickstoffgabe erzeugt wurde, dabei aber der prozentische Trockensubstanzgehalt derartig herabgedrückt wurde, daß von einem

[1]) Arbeiten der D. L.-G. Heft 217.

Gewinn durch die höhere Stickstoffgabe nicht mehr gesprochen werden kann. Im allgemeinen gebrauchen:

Futterrüben in reiner Mineraldüngung: 6 dz Salpeter,

Futterrüben in Stalldünger oder Gründüngung: 3—4 dz Salpeter.

Was die Form der Stickstoffdüngung betrifft, so zeigt die Futterrübe noch eine größere Vorliebe für den Salpeter als die Zuckerrübe. Daß sie den Salpeter so sehr dem Ammoniak vorzieht, ist zum großen Teil zurückzuführen auf ihre Vorliebe für das Natron, welches ihr im Chilesalpeter geboten wird. So weit wie möglich baue man daher die Futterrübe in Stalldünger und Gründüngung und gebe den dann noch fehlenden Stickstoff in Form von Salpeter.

Die Stickstoffdüngung erniedrigt den prozentischen Trockensubstanzgehalt der Futterrübe. Es betrug im Durchschnitt von 13 seitens der Versuchsstation Darmstadt[1]) ausgeführten Versuchsreihen die Erniedrigung des Trockensubstanzgehaltes:

durch Salpeterdüngung . . . . — 0,63 % Trockensubstanz

durch Ammoniakdüngung . . . — 0,57 „ „

Je höher die Stickstoffdüngung, desto höher ist die prozentische Erniedrigung des Trockensubstanzgehaltes. So betrug der Trockensubstanzgehalt im Durchschnitt von 4 vom Verfasser[2]) ausgeführten Versuchen:

Ohne Stickstoffdüngung . . . . 12,39 %

4 dz Salpeter . . . . . 11,56 „

6 „ „ . . . . . 11,01 „

Je höher also die Stickstoffdüngung, desto höher die Erniedrigung des prozentischen Trockensubstanzgehaltes.

Was den Rohproteingehalt betrifft, so wird derselbe durch die Stickstoffdüngung etwas erhöht, aber nur in sehr geringem Maße. Es enthielten z. B. bei einem Wagnerschen Versuche:

Futterrüben ohne Stickstoffdüngung . .	0,73 %	Rohprotein
„ 2 dz Salpeter	0,77 „	„
„ 4 „ „	0,78 „	„
„ 6 „ „	0,83 „	„

Die Erhöhung des prozentischen Proteingehaltes ist somit eine kaum merkbare. Dazu kommt, daß eine solche Steigerung nicht durch einen Zuwachs von Reineiweiß, sondern, wie der Verfasser[2]) durch zahlreiche Versuche nachgewiesen, durch einen Zuwachs von Amiden erfolgt, welche bei der Ernährung des Tieres eine untergeordnete Rolle spielen.

Die Phosphorsäuredüngung. Diese bemesse man wie bei der Zuckerrübe:

Futterrüben in reiner Mineraldüngung oder Gründüngung: 60—80 kg Phosphorsäure pro Hektar.

Futterrüben in Stalldünger: 30—40 kg Phosphorsäure pro Hektar.

Auf leichteren Böden kann ein Teil der Phosphorsäure als Thomasmehl gegeben werden.

---

[1]) Arbeiten der deutschen Landwirtschafts-Gesellschaft. Heft 80.

[2]) Blätter für Zuckerrübenbau 1901.

Die Kalidüngung. Die Futterrübe ist ebenso wie die Zuckerrübe eine typische Kalipflanze; sie gebraucht für ihre Ernährung viel Kali, welches ihr die meisten Böden in ausreichender Menge nicht zu liefern vermögen. So hat denn auch die Futterrübe ebenso wie die Zuckerrübe da, wo sie nicht in Stalldünger steht, d. h. also in reiner Mineraldüngung, Gründüngung, Kali- und Luzernestoppel usw. meist eine Kalidüngung notwendig.

Es sind z. B. folgende Mehrerträge durch die Kalidüngung festgestellt worden:

	Wurzeln frisch pro ha dz	Wurzel-Trockensubstanz pro ha dz
Versuchsstation Darmstadt, Durchschnitt von 13 Versuchen, Mineraldüngung	+ 62,5	+ 6,3
Versuchswirtschaft Lauchstädt, Mineraldüngung . .	+ 50,4	+ 4,4
„ „ Gründüngung . . .	+ 132,8	+ 21,9

Selbstverständlich gibt es auch Böden, wo bei den Futterrüben eine Reaktion auf die Kalidüngung ausbleibt. So hat z. B. Immendorff auf kalireichen Böden in der Nähe von Jena bei der Futterrübe einen Erfolg durch die Kalidüngung nicht zu verzeichnen gehabt. Es werden auch unter manchen Verhältnissen durch die Kalidüngung nennenswerte Mehrernten an frischen Rüben erzeugt, aber nicht an Trockensubstanz infolge starker Erniedrigung des prozentischen Trockensubstanzgehaltes der Futterrübe. Die Futterrübe unterscheidet sich von der Zuckerrübe ganz außerordentlich dadurch, daß ihr Trockensubstanzgehalt bezw. Zuckergehalt durch die Kalidüngung fast durchweg erniedrigt wird. Es betrug z. B. die Erniedrigung des prozentischen Trockensubstanzgehaltes bei Versuchen vom Verfasser[1])

ohne Stalldünger . . . —0,3
neben „ . . . —0,7

Anders verhalten sich, wie wir sahen, unsere jetzigen hochgezüchteten Zuckerrübensorten, bei ihnen wird der Trockensubstanzgehalt durch die Kalidüngung nicht mehr erniedrigt, sondern erhöht.

Neben Stalldünger hat die Futterrübe, ebenso wie die Zuckerrübe, auf besseren, kalireichen Böden eine besondere Kalidüngung oft nicht notwendig, während auf den kaliärmeren mittleren und leichteren Böden auch neben Stalldünger, besonders neben geringen Gaben von Stalldünger, meist eine Kalidüngung angebracht ist.

Was die Form der Kalidüngung betrifft, so schneidet bei der Futterrübe mal der Kainit, mal das 40prozent. Kalisalz besser ab. Es mögen dies folgende Zahlen zeigen:

---

[1]) Arbeiten der D. L.-G. Heft 193.

Versuchsstation Darmstadt, Durchschnitt von 13 Versuchen.
Verschiedene Bodenarten.

	Wurzeln frisch pro ha dz	Wurzel-Trockensubstanz pro ha dz
Durch Kainit	+ 75,0	+ 7,5
Durch 40prozent. Kalisalz	+ 50,0	+ 5,0

Versuchsstation Köslin, Durchschnitt von 3 Versuchen.
1 Sandboden und 2 Lehmböden.

	Wurzeln frisch pro ha dz	Wurzel-Trockensubstanz pro ha dz
Durch Kainit	+ 62,4	+ 0,4
Durch 40prozent. Kalisalz	+ 52,7	+ 2,6

Versuchsstation Halle.
Lehmboden.

	Wurzeln frisch pro ha dz	Wurzel-Trockensubstanz pro ha dz
Durch Kainit	+ 57,9	+ 2,5
Durch 40prozent. Kalisalz	+ 42,9	+ 4,7

Tonboden.

Durch Kainit	+ 33,9	+ 3,0
Durch 40prozent. Kalisalz	+ 34,1	+ 3,5

Der Kainit hatte demnach zwar höhere Rohernten erzeugt als das 40prozent. Kalisalz; der prozentische Trockensubstanzgehalt der Futterrüben war aber durch die Kainitdüngung weit mehr erniedrigt als durch die Düngung mit 40prozent. Kalisalz, durch welch letzteres denn auch oft höhere Mengen an Trockensubstanz erzeugt werden. Wir sehen also, wie außerordentlich empfindlich die Futterrübe im Gegensatz zur Zuckerrübe gegen diese Nebensalze ist, besonders bei gleichzeitiger Düngung mit Chilesalpeter, aus dem sie, wie Versuche vom Verfasser zeigen, ihren Natronbedarf schon meist deckt. Neben Ammoniak verabfolgt, liegen die Verhältnisse anders.

Was die Zeit der Anwendung der Kalisalze zu Futterrüben betrifft, so ist wohl im allgemeinen auf besseren und mittleren Böden der Herbstdüngung gegenüber der Frühjahrsdüngung der Vorzug zu geben. Bei Versuchen vom Verfasser wurden folgende Mehrerträge festgestellt:

	Kali-Herbstdüngung			Kali-Frühjahrsdüngung		
	Wurzeln	Trockensubstanz		Wurzeln	Trockensubstanz	
	pro ha dz	%	pro ha dz	pro ha dz	%	pro ha dz
Humoser Lößlehmboden	+ 55,3	− 0,4	+ 4,1	+ 45,6	− 0,4	+ 3,0
Tonboden	+ 28,0	+ 0,3	+ 3,6	+ 40,0	− 0,4	+ 2,9

In beiden Fällen hatte also die Herbstdüngung besser abgeschnitten. Zwar wurde auf dem Tonboden die Rohernte durch die Frühjahrsdüngung mehr erhöht als durch die Herbstdüngung, jedoch war die Erniedrigung des prozentischen Trockensubstanzgehaltes bei der Frühjahrsdüngung derartig, daß durch dieselbe geringere absolute Mengen an Trockensubstanz erzielt wurden als durch die Herbstdüngung. Man tut daher besser, die Kalisalze, besonders den Kainit, zu Futterrüben schon im Herbst auszustreuen und unterzupflügen. Auf den leichteren Böden kann es öfters vorkommen, daß die Frühjahrsdüngung eine bessere Wirkung zeigt als die Herbstdüngung.

Die Höhe der Kalidüngung bemesse man wie bei der Zuckerrübe.

Beispiel für die Düngung der Futterrübe.

Futterrüben ohne Stalldünger (reine Mineraldüngung).

a) Nach Stickstoffzehrern.

3 dz 40prozent. Kalisalz oder 6—8 dz Kainit,
4 dz Superphosphat (leichteren Böden event. einen Teil der Phosphorsäure als Thomasmehl),
6 dz Salpeter in 2 Gaben oder 3 Gaben,
oder erste Stickstoffgab ebei der Bestellung in Form von Ammoniak als Ammoniaksuperphosphat, 2. bezw. 3. Gabe als Salpeter-Kopfdüngung.

b) Nach Leguminosen (Klee, Luzerne, Erbsen, Bohnen usw.).

Kali und Phosphorsäure wie bei a)
4—5 dz Salpeter in 2 Gaben oder erste Stickstoffgabe in Form von Ammoniak als Ammoniak-Superphosphat.

Futterrüben in Stalldünger (200—300 dz).

2 dz 40prozent. Kalisalz oder 4 dz Kainit,
2—3 dz Superphosphat,
3—4 dz Salpeter je nach Art des Stalldüngers.

Futterrüben in Gründüngung.

3 dz 40prozent. Kalisalz oder 6—8 dz Kainit,
4 dz Superphosphat (leichteren Böden event. einen Teil der Phosphorsäure als Thomasmehl),
3—4 dz Salpeter je nach Stand der Gründüngung.

Für Ammoniak kann auch Kalkstickstoff angewendet werden.

Die Samenrüben.

Die Samenrüben (Zucker- und Futterrüben) sind ebenfalls sehr dankbar für eine Stallmistdüngung, weshalb man sie auch meistens in Stalldünger anbaut. Auch können sie mit Vorteil in Gründüngung angebaut werden. Ihr Stickstoffbedürfnis ist ein ziemlich hohes. Sehr hohe Salpetergaben sind jedoch zu vermeiden, da durch solche leicht eine Reifeverzögerung hervorgerufen werden kann. Ist daher eine höhere Stickstoffdüngung in Form von künstlichen Düngemitteln vorzunehmen, die hauptsächlich da in Frage kommt, wo die Samenrüben nicht in Stalldünger stehen, so ist es zweckmäßig, eine kombinierte Gabe von Ammoniak und Salpeter zu wählen. Der Phosphorsäuredüngung ist bei den Samenrüben auch die nötige Beachtung zu schenken, da dieselbe zu einer guten Ausreifung der Samen beiträgt. Neben Stalldünger kann wieder weniger Phosphorsäure gegeben werden als ohne Stalldünger. Was die Kalidüngung betrifft, so gebrauchen die Samenrüben auf den besseren kalireicheren Böden neben Stalldünger kein Kali. Im allgemeinen dürften die folgenden Düngungen für die Samenrüben genügen.

Beispiel für die Düngung der Samenrüben.

Samenrüben ohne Stalldünger (reine Mineraldüngung).

3 dz 40prozent. Kalisalz oder 6—8 dz Kainit,
4 dz Superphosphat,
2 dz schwefelsaures Ammoniak, in Form von Ammoniakphosphat, + 2—3 dz Salpeter.

Samenrüben in Stalldünger (200—300 dz).

2 dz 40prozent. Kalisalz oder 4 dz Kainit (nur kalibedürftigeren Böden),
2—3 dz Superphosphat),
3 dz Salpeter (event. einen Teil als Ammoniak).

Neben Gründüngung kommen als Stickstoffgaben die bei der Stallmistdüngung empfohlenen, als Phosphorsäure- und Kaligaben die bei der Mineraldüngung empfohlenen Mengen in Frage.

Die Kartoffel.

Bei der Kartoffel haben wir nicht die Fortschritte in der Züchtung zu verzeichnen, als bei der Zuckerrübe. Es erscheinen immer neue Kartoffelsorten; dieselben sind aber im großen und ganzen nicht leistungsfähiger als die vor 20 bis 30 Jahren erschienenen Sorten. Sicher ist aber wohl anzunehmen, daß von jetzt ab die Kartoffelzüchtung in mehr systematischer Weise in die Hand genommen wird, so daß auch hier durchschlagende Erfolge nicht ausbleiben werden.

Wenn von Sorte und Düngung abgesehen wird, so können durch folgende drei Maßnahmen die Kartoffelerträge gesteigert werden:

1. Durch Saatgutwechsel. Nach dieser Richtung kommt hauptsächlich in Frage der Bezug von Saatkartoffeln für die besseren Böden von Sandböden. Um zu sehen, welche Ertragssteigerungen hierdurch zu erzielen sind, wurden einige auf dem Lößlehmboden der Versuchswirtschaft Lauchstädt angebaute Kartoffelsorten auf dem Sandboden der Versuchswirtschaft Groß-Lübars weiter gebaut und von diesen Kartoffeln Saatgut für die Versuchswirtschaft Lauchstädt zurückbezogen, wo dasselbe im Vergleich zu dem alten Saatgut geprüft wurde. Es stammte also beides Saatgut von demselben Ausgangsmaterial. Das Ergebnis dieser Anbauversuche war das folgende:

Kartoffelsorten:	Kartoffeln auf 1 ha dz	Stärke auf 1 ha dz
1910		
Ella, Saatgut Lauchstädt, Lößlehmboden	194,0	30,07
„ „ „ Groß-Lübars, Sandboden	238,2	38,59
1912		
Leo, Saatgut Lauchstädt, Lößlehmboden	215,5	40,29
„ „ „ Groß-Lübars, Sandboden	260,4	46,60
Wohltmann, Saatgut Lauchstädt, Lößlehmboden	155,0	28,53
„ „ „ Groß-Lübars, Sandboden . . .	201,3	37,99
1913		
Leo, Saatgut Lauchstädt, Lößlehmboden	153,3	29,30
„ „ „ Groß-Lübars, Sandboden	175,2	34,86
Wohltmann, Saatgut Lauchstädt, Lößlehmboden	108,1	20,10
„ „ „ Groß-Lübars, Sandboden . . .	187,4	36,81

Wie die Zahlen zeigen, hatte das vom Sandboden zurückbezogene Saatgut ganz erheblich höhere Kartoffelerträge und auch ganz erheblich höhere Stärkeerträge gebracht als das Saatgut, welches von den in der Versuchswirtschaft Lauchstädt weiter angebauten Kartoffeln gewonnen worden war. Bedingung für den Bezug von Saatgut vom Sandboden muß natürlich sein, daß dasselbe eine gute gesunde Ware darstellt, was leider oft nicht der Fall ist.

2. Durch eine engere Stellung der Kartoffeln. Es wurden in der Versuchswirtschaft Lauchstädt folgende Standweiten geprüft: 55 : 63, 50 : 63, 45 : 63, 40 : 63, 35 : 63 cm. Bei diesen Standweiten wurden folgende Erträge festgestellt:

	Leo			Silesia		
Standweiten cm	Kartoffeln auf 1 ha dz	Stärke %	Stärke auf 1 ha dz	Kartoffeln auf 1 ha dz	Stärke %	Stärke auf 1 ha dz
55 : 63	257,6	16,7	43,02	195,0	17,9	34,91
50 : 63	296,0	17,6	52,10	192,9	18,6	35,88
45 : 63	304,2	18,7	56,89	197,9	19,2	38,00
40 : 63	312,8	18,6	58,18	208,9	19,0	39,69
35 : 63	327,2	18,9	61,84	231,3	19,0	43,95

Mit der engeren Stellung stiegen nicht nur, wie die Zahlen zeigen, die Ernten, sondern auch in bedeutendem Maße die Stärkeprozente. Bei der Leo stiegen die Ernten von der weitesten bis zur engsten von 258 dz bis zu 327 dz, die Stärkeprozente von 16,7 auf 18,9; bei der Silesia die Ernten von 195 bis zu 231 dz, die Stärkeprozente von 17,9 auf 19,0. Dementsprechend stiegen bei der Leo die absoluten Mengen von Stärke von 43 auf 62, bei der Silesia von 35 auf 44 dz Stärke pro Hektar. Die engeren Standweiten werden hauptsächlich in Frage kommen für die besseren Böden, nicht oder weniger für die leichteren Böden. Die Versuche, welche der Verfasser auf dem Sandboden der Versuchswirtschaft Groß-Lübars nach dieser Richtung hin anstellte, sind zu einem Abschluß noch nicht gelangt.

3. Durch Staudenauswahl nach dem Vorschlag von v. Lochow. Auch dadurch, daß man auf dem eigenen Felde zur Gewinnung von Saatgut nur die besseren und gesunden Stauden wählt, sind die Kartoffelerträge wesentlich zu steigern.

Die Kartoffel gebraucht für ihre Ernährung längst nicht soviel Nährstoffe als die Rübe. Es wurden bei Versuchen der Versuchswirtschaft Lauchstädt (s. S. 285) unter gleichen Verhältnissen folgende Nährstoffmengen pro Hektar aufgenommen:

	Stickstoff kg	Phosphorsäure kg	Kali kg
Kartoffelsorten	113,5	37,2	165,8
Zuckerrübensorten	201,0	69,4	231,7

Demnach gebraucht die Kartoffel nicht viel mehr als halb soviel Stickstoff und Phosphorsäure und ungefähr $^2/_3$ soviel Kali als die Zuckerrübe.

Die Düngung der Kartoffel.

Die Stallmistdüngung. Für die Stallmistdüngung ist die Kartoffel ganz besonders dankbar. Höchsterträge an Kartoffeln können ohne Stalldünger auf allen besseren und mittleren Böden nicht gemacht werden (s. S. 236). Der Landwirt bedenke deshalb in erster Linie seine Kartoffeln mit Stalldünger. Zu hohe Gaben von Stalldünger sind zu vermeiden, da diese die Kartoffel nicht ausnutzen kann. Es wurden im Durchschnitt von 4 normalen Jahren auf dem humosen Lößlehmboden der Versuchswirtschaft Lauchstädt folgende Ernten festgestellt:

Durchschnitt von 4 Jahren.

	Knollen pro ha dz	Stärke %	Stärke pro ha dz
Ohne jede Düngung	123,8	17,33	21,19
Stickstoff + Phosphorsäure + Kali ohne Stalldünger	219,7	16,77	36,84
200 dz Stalldünger allein	**238,6**	**17,08**	**41,01**
300 dz Stalldünger allein	241,7	16,73	40,71
200 dz Stalldünger + Phosphorsäure + Kali . .	262,3	16,20	42,88
300 dz Stalldünger + Phosphorsäure + Kali . .	258,4	15,70	40,96

	Knollen pro ha dz	Stärke %	Stärke pro ha dz
200 dz Stalldünger + Stickstoff + Phosphorsäure + Kali	261,4	15,50	40,83
300 dz Stalldünger + Stickstoff + Phosphorsäure + Kali	253,7	15,53	39,49

Diese Zahlen zeigen,

1. daß 300 dz Stalldünger bei der Kartoffel nicht mehr geleistet haben, als 200 dz. Die in 200 dz Stalldünger enthaltenen Nährstoffe hatten für die Kartoffel ausgereicht.

2. daß eine Beidüngung von Stickstoff, Phosphorsäure und Kali die Kartoffelerträge noch etwas gesteigert hatte; daß aber der prozentische Stärkegehalt hierdurch derartig herabgedrückt wurde, daß durch diese Beidüngung absolute Mengen von Stärke, auf welche es ankommt, nicht erzielt wurden. Die Erniedrigung des Stärkegehaltes war durch den Stickstoff und das Kali erfolgt.

Man kann also wohl annehmen, daß es im allgemeinen nicht zweckmäßig ist, die Stalldüngergaben über 200 dz pro Hektar (100 Ztr. pro Morgen) hinaus zu steigern. Auf Böden, wo die in diesen Mengen enthaltenen Nährstoffe für die Kartoffel nicht ausreichen, gibt man dann die noch fehlenden Mengen an Nährstoffen am zweckmäßigsten in Form von künstlichen Düngemitteln.

Die Gründüngung. Diese spielt bei der Kartoffel eine ganz besondere Rolle auf dem Sandboden. Mit ihrer Hilfe werden jetzt hier Erträge erzielt, die man früher nicht für möglich hielt. Während auf den besseren Böden die Leistung der Gründüngung nicht an die des Stalldüngers herankommt, zeigt die Gründüngung auf dem Sandboden nicht nur eine ebenso gute Wirkung als der Stalldünger, sondern sie vermag hier den letzteren in seiner Wirkung noch zu übertreffen. So wurden z. B. in einem günstigen Jahre, wo Gründüngung und Stalldünger ihre Wirkung ganz besonders zeigen konnten, auf dem Sandboden der Versuchswirtschaft Groß-Lübars folgende Erträge festgestellt:

Sandboden.

Grunddüngung: Phosphorsäure + Kali	Knollen pro ha dz	Stärke %	Stärke pro ha dz
Ohne Gründüngung und ohne Stalldünger	167,9	16,9	28,38
Gelbklee, vorzüglich geraten	237,7	16,9	40,17
Gelbe Lupinen, vorzüglich geraten	247,5	16,1	39,85
200 dz Stalldünger allein	193,9	16,8	32,57
200 dz Stalldünger + 2 dz Salpeter	237,0	16,7	39,58

Die Gründüngung hatte also hier den Stalldünger in seiner Wirkung ganz erheblich übertroffen. Es betrugen die erzeugten Mehrernten beim Stalldünger 26 dz, bei den beiden Gründüngungen 70 bezw. 80 dz Knollen pro Hektar. Die Gründüngung hatte allein dasselbe geleistet als 200 dz Stalldünger zusammen

mit 2 dz Salpeter. Daß die Gründüngung auf dem Sandboden im Gegensatz zum besseren Boden mehr leistet als der Stalldünger, liegt: 1. daran, daß sie hier schneller in Pflanzennahrung übergeführt wird, 2. daß der Stalldünger hier größere Stickstoffverluste erleidet. Auf dem besseren Boden haben wir die umgekehrten Verhältnisse. Die Gründüngung stellt hier eine mehr langsamer fließende Stickstoffquelle dar, der Stalldünger erleidet hier erheblich geringere Verluste als auf dem Sandboden. Aus diesem Grunde vermag die Gründüngung auf dem besseren Boden nicht das zu leisten als der Stalldünger. So wurden z. B. auf dem Lößlehmboden der Versuchswirtschaft Lauchstädt in günstigen Jahren folgende Erträge festgestellt:

Lößlehmboden.

Grunddüngung: Phosphorsäure + Kali	Knollen pro ha	Stärke	
			pro ha
Versuch 1.	dz	%	dz
Ohne Gründüngung und ohne Stalldünger . .	226,9	18,5	41,98
Gelbklee, vorzüglich geraten	261,8	17,0	44,51
200 dz Stalldünger	302,0	15,9	48,02
Versuch 2.			
Ohne Gründüngung und ohne Stalldünger . .	182,9	18,2	33,29
Gelbklee, vorzüglich geraten	219,7	18,5	40,64
200 dz Stalldünger	299,6	18,2	54,53

Zwar hatte die Gründüngung auch hier eine ganz gute Wirkung gezeigt, aber nicht annähernd das geleistet als der Stalldünger. Es betrugen hier die Mehrernten bei den beiden Gründüngungen nur 37 bezw. 35 dz Knollen, während dieselben beim Stalldünger 117 bezw. 75 dz Knollen pro Hektar betrugen.

Aus den obigen Beispielen geht hervor, daß die Gründüngung auf dem Sandboden den Stalldünger bei der Kartoffel voll und ganz zu ersetzen vermag — natürlich unter Verabfolgung der nötigen Phosphorsäure- und Kaligaben —, während auf dem besseren Boden dies nicht der Fall ist. Damit soll nicht gesagt sein, daß die Gründüngung für die Kartoffeln auf dem besseren Boden nicht in Frage kommt. Sie kann auch hier für sie in allen den Fällen in Frage kommen, wo nicht genügend Mengen von Stalldünger zur Verfügung stehen. Man baue die Kartoffeln nie in reiner Mineraldüngung an. Für ihre normale Entwicklung und zur Erzielung höchster Ernten sind entweder Stalldünger oder Gründüngung notwendig; in reiner Mineraldüngung zeigt die Kartoffel keine freudige Entwicklung, besonders dann, wenn der betreffende Schlag mehrere Jahre hindurch Stalldünger oder Gründüngung nicht erhalten hat. Es zeigen dies in jedem Jahre die statischen Versuche der Versuchswirtschaft Lauchstädt und Groß-Lübars. In beiden Versuchswirtschaften zeigen die in Stalldünger oder Gründüngung stehenden Kartoffeln immer eine freudige Entwicklung, während sie sich auf den Mineralparzellen nur langsam und weit unregelmäßiger entwickeln.

Die Stickstoffdüngung. Ist die Kartoffel auch längst nicht so stickstoffbedürftig wie die Rübe, so erfordert doch eine hohe Kartoffelernte nicht unerhebliche

Mengen von Stickstoff. Bei der Lockerheit des Kartoffelackers und bei der besonderen Bearbeitung, die der Kartoffelacker durch das Anpflügen erfährt, wird aber auf einem stickstoffreicheren Boden so viel Salpeter gebildet, daß hierdurch das Stickstoffbedürfnis der Kartoffel unter Umständen nahezu gedeckt wird. Anders liegen die Verhältnisse auf den stickstoffärmeren Böden und auf zähen, schweren Bodenarten, welche die Kartoffel nicht derartig mit Stickstoff zu versorgen vermögen. Wie verschieden eine gleiche Stickstoffdüngung auf verschiedenen Bodenarten wirkt, zeigen z. B. Versuche vom Verfasser[1]), D. Meyer und F. Münter. Es wurden bei diesen folgende Mehrernten festgestellt:

Durchschnitt von 3 Jahren.

	Durch 30 kg Stickstoff
Feuchter Sandboden	+ 66,0 dz Knollen pro ha
Lehmiger „	+ 36,7 „ „ „ „
Milder Lößlehmboden.	+ 14,6 „ „ „ „

Auf dem feuchten stickstoffärmeren Sandboden waren erzeugt durch 30 kg Stickstoff 66 dz Knollen, demnach durch 1 dz Salpeter mit 15,5 kg Stickstoff 34,1 dz, auf dem lehmigen Sandboden durch 30 kg Stickstoff 36,7 dz Knollen, demnach durch 1 dz Salpeter 19,0 dz, auf dem stickstoffreicheren milden Lößlehmboden durch 30 kg Stickstoff nur 14,6 dz Knollen, demnach durch 1 dz Salpeter nur 7,6 dz. Auf dem feuchten stickstoffarmen Sandboden war die Bedingung für die höchste Stickstoffwirkung vorhanden: Ein stickstoffhungriger Boden mit günstigen Feuchtigkeitsverhältnissen; der Salpeter konnte hier zeigen, was er im günstigsten Falle zu leisten vermag. Auch auf dem lehmigen Sandboden war noch eine befriedigende Wirkung der Stickstoffdüngung vorhanden, während die gleiche Stickstoffdüngung auf dem stickstoffreicheren humosen Lößlehmboden fast ganz versagte; hier hatte der Boden der Kartoffel so viel Stickstoff geliefert, daß das Stickstoffbedürfnis der Kartoffel nahezu gedeckt worden war. Die Höhe der Stickstoffdüngung hat sich also bei der Kartoffel ganz besonders nach dem Boden zu richten. Für stickstoffarme Sandböden, besonders für stickstoffarme feuchte Sandböden, muß die Stickstoffdüngung hoch, für stickstoffreichere Lehmböden, besonders für stickstoffreichere milde Lehmböden, welche bei der besonderen Bearbeitung des Kartoffelackers viel von ihrem eigenen Stickstoffkapital hergeben, niedrig bemessen werden. So wurden bei anderweitigen Versuchen, welche der Verfasser[2]), D. Meyer und F. Münter anstellte, folgende Mehrernten festgestellt:

	Durch 30 kg Stickstoff	Durch 60 kg Stickstoff
Feuchter Sandboden .	+ 64 0 dz Knollen pro ha	+ 90,2 dz Knollen pro ha
Trockner Sandboden .	+ 37,2 „ „ „ „	+ 59,4 „ „ „ „
	Durch 20 kg Stickstoff	Durch 40 kg Stickstoff
Humoser Lößlehmboden	+ 26,3 dz Knollen pro ha	+ 23,2 dz Knollen pro ha
Lehmboden	+ 36,6 „ „ „ „	+ 43,5 „ „ „ „

[1]) Arbeiten der D. L.-G. Heft 146.

[2]) Arbeiten der D. L.-G. Heft 217.

Auf den beiden Sandböden hatte sich also die hohe Stickstoffgabe von 60 kg pro Hektar (2 Ztr. Salpeter pro Morgen) bezahlt gemacht, während auf den besseren Böden 20 kg Stickstoff pro Hektar (⅜ Ztr. Salpeter pro Morgen) für die Kartoffel ausgereicht hatten.

Um Höchsterträge bei der Kartoffel zu erzielen, soll man aber, wie schon hervorgehoben, die Kartoffeln immer in Stalldünger oder Gründüngung anbauen und wir wollen nun die Stickstoffdüngung neben der Stallmistdüngung und neben der Gründüngung betrachten. Es wurden bei den statischen Versuchen der Versuchswirtschaft Lauchstädt folgende Erträge festgestellt:

Lößlehmboden.

Durchschnitt von 7 Jahren.

Grunddüngung: Phosphorsäure + Kali	Ohne Stalldünger Knollen pro ha dz	Ohne Stalldünger Stärke pro ha dz	200 dz Stalldünger Knollen pro ha dz	200 dz Stalldünger Stärke pro ha dz
Ohne Stickstoff	198,7	34,40	258,4	43,82
60 kg Stickstoff	221,1	38,20	259,3	42,47
Durch Stickstoffdüngung	+22,4	+3,80	+0,9	—1,35

Hier hatte die Stickstoffdüngung neben Stalldünger direkt schädlich gewirkt. Der Ertrag an Stärke, worauf es ankommt, war durch die Beidüngung von Stickstoff erniedrigt worden; 200 dz Stalldünger hatten für die Kartoffeln ausgereicht. Ohne Stalldünger hatten sich auf diesem Boden auch nur 20 kg Stickstoff (⅜ Ztr. Salpeter oder ½ Ztr. schwefelsaures Ammoniak) bezahlt gemacht.

Bei den statischen Versuchen der Versuchswirtschaft Groß-Lübars wurden folgende Mehrerträge festgestellt:

Sandboden.

Durchschnitt von 3 Jahren.

Grunddüngung: Phosphorsäure + Kali	Ohne Stalldünger Knollen pro ha dz	Ohne Stalldünger Stärke pro ha dz	200 dz Stalldünger Knollen pro ha dz	200 dz Stalldünger Stärke pro ha dz
Ohne Stickstoff	124,8	20,93	169,8	28,42
60 kg Stickstoff . . .	157,1	25.83	204,5	33,74
Durch Stickstoffdüngung	+32,3	+4,90	+34,7	+5,32

Hier auf dem Sandboden lagen also die Verhältnisse ganz anders, als auf dem stickstoffreichen Lößlehmboden. Die Stickstoffdüngung hatte hier neben Stalldünger dieselbe Wirkung gezeigt als ohne Stalldünger. Die Gründe hierfür sind: 1. daß der stickstoffärmere Boden der Kartoffel weniger Stickstoff geliefert hatte als der bessere Boden, 2. daß der Stalldünger hier eine schlechtere Wirkung gezeigt hatte, als auf dem besseren Boden. Es wird also auf den leichteren Bodenarten im allgemeinen die Kartoffel auch neben Stalldünger eine Stickstoffdüngung notwendig haben.

Betrachten wir nun die Wirkung der Stickstoffdüngung neben der Gründüngung. Es wurden auf dem Sandboden der Versuchswirtschaft Groß-Lübars folgende Mehrerträge festgestellt:

Sandboden.

Grunddüngung: Phosphorsäure + Kali	Knollen pro ha dz	Stärke %	Stärke pro ha dz
Ohne Gründüngung und ohne Stickstoff	167,9	16,9	28,38
Ohne Gründüngung + 60 kg Stickstoff	230,2	16,6	38,21
Gelbklee, vorzüglich geraten, ohne Stickstoff . . .	237,7	16,9	40,17
Gelbklee, vorzüglich geraten, + 60 kg Stickstoff .	238,1	15,2	36,19
Gelbe Lupinen, vorzüglich geraten, ohne Stickstoff .	247,5	16,1	39,85
Gelbe Lupinen, vorzüglich geraten, + 60 kg Stickstoff	241,5	15,9	38,40
Blaue Lupinen, weniger gut geraten, ohne Stickstoff	201,9	16,7	33,72
Blaue Lupinen, weniger gut geraten, + 60 kg Stickstoff	236,4	15,7	37,11

Aus diesen Zahlen sehen wir, daß neben sehr gut geratener Gründüngung die Kartoffeln eine Beidüngung von Stickstoff nicht nötig haben. Es waren neben den sehr gut geratenen gelben Lupinen und dem sehr gut geratenen Gelbklee durch die Salpeterdüngung die Erträge nicht weiter gesteigert worden; im Gegenteil hatte die Salpetergabe die Stärkeprozente derartig herabgedrückt, daß mit der Gründüngung unter Beigabe von Salpeter geringere absolute Mengen von Stärke gewonnen wurden, als mit der Gründüngung allein. Dagegen hatte sich eine Beidüngung von Stickstoff bei den weniger gut geratenen blauen Lupinen als notwendig erwiesen.

Auf dem Lößlehmboden der Versuchswirtschaft Lauchstädt wurden in einem günstigen Jahre folgende Erträge festgestellt:

Lößlehmboden.

Grunddüngung: Phosphorsäure + Kali	Knollen pro ha dz	Stärke %	Stärke pro ha dz
Ohne Gründüngung und ohne Stickstoff	229,9	18,5	41,98
Ohne Gründüngung + 40 kg Stickstoff	349,4	16,8	41,90
Gelbklee, gut geraten, ohne Stickstoff	261,8	17,0	44,51
Gelbklee, gut geraten, + 40 kg Stickstoff	260,6	15,7	40,91
Erbsen, Bohnen, Wicken, gut geraten, ohne Stickstoff	252,4	17,7	44,67
Erbsen, Bohnen, Wicken, gut geraten, + 40 kg Stickstoff	258,9	16,1	41,68

Auch hier hatte eine Beidüngung von Stickstoff neben der Gründüngung direkt schädlich gewirkt. Bei gleichbleibenden Erträgen war durch die Beidüngung der Stärkegehalt der Kartoffeln derartig herabgedrückt, daß auch hier mit der Gründüngung unter Beigabe von Stickstoff geringere absolute Mengen von Stärke gewonnen wurden als mit der Gründüngung allein.

Aus den obigen Versuchen geht hervor, daß neben gut geratener Gründüngung die Kartoffeln weder auf dem Sandboden noch auf dem besseren Boden eine Beidüngung von Stickstoff nötig haben, daß eine solche Beidüngung neben gut geratener Gründüngung auf den Stärkegehalt direkt schädlich wirkt. Es hat also die Kartoffel nur neben einer weniger gut geratenen Gründüngung eine Beidüngung von Stickstoff notwendig.

Was die Form der Stickstoffdüngung betrifft, so ist die Kartoffel für eine Ammoniakdüngung ebenso dankbar, wie für eine Salpeterdüngung (s. S. 93). In Lagen, wo die Kartoffeln leicht zu Krankheiten neigen, ist Ammoniak dem Salpeter vorzuziehen. Auch der Kalkstickstoff kann bei der Kartoffel mit Vorteil angewendet werden.

Die anzuwendenden Mengen von Salpeter und Ammoniak sind je nach den verschiedenen Bodenverhältnissen außerordentlich verschieden. Es kommen im allgemeinen in Frage:

Kartoffeln ohne Stalldünger und ohne Gründüngung: 2—4 dz Salpeter oder $1^1/_2$—3 dz schwefelsaures Ammoniak.

Kartoffeln neben Stalldünger und Gründüngung: 0—2 dz Salpeter oder 0—$1^1/_2$ dz schwefelsaures Ammoniak.

Auf Sandböden können sich unter Umständen neben schlechtem Stalldünger und mißratener Gründüngung noch höhere Mengen als 2 dz Salpeter bezw. $1^1/_2$ dz schwefelsaures Ammoniak rentieren. Das Ammoniak ist, wenn Superphosphat angewendet wird, als Ammoniak-Superphosphat zu geben.

Die Phosphorsäuredüngung. Die Kartoffel ist entschieden stark phosphorsäurebedürftig, wenn auch nicht in dem Maße wie die Rübe. Die Phosphorsäuredüngung ist, wenn vom Boden abgesehen wird, wie bei der Rübe, abhängig zu machen von der Stallmistdüngung. Durch die letztere wird das Phosphorsäuredüngebedürfnis der Kartoffeln zum Teil gedeckt. Es wurden bei den statischen Versuchen der Versuchswirtschaft Lauchstädt folgende Phosphorsäuremengen von der Kartoffel aufgenommen:

	Aufgenommene Phosphorsäuremengen pro ha	
	kg	%
Aus 200 dz Stalldünger mit 83,6 kg Phosphorsäure	15,64	18,7
Aus Superphosphat mit 100 kg Phosphorsäure . .	11,18	11,2

Vergleichen wir diese aufgenommenen Phosphorsäuremengen mit denen, welche unter gleichen Verhältnissen die Rübe aufnahm, so sehen wir, daß die Kartoffel aus gleichen Mengen von Stalldünger nur die Hälfte und aus gleichen Mengen von Superphosphat nicht einmal die Hälfte an Phosphorsäure aufnahm, als die Rübe. Hierbei ist aber zu bedenken, daß die Kartoffel für ihre Ernährung längst nicht soviel Phosphorsäure notwendig hat als die Rübe. In Anbetracht dessen, als das Phosphorsäuredüngebedürfnis der Kartoffel zum Teil durch den Stalldünger gedeckt wird, ist, wie bei der Rübe, die Wirkung einer Phosphorsäuredüngung neben Stalldünger geringer als ohne Stalldünger. Es

wurden bei den statischen Versuchen der Versuchswirtschaft Lauchstädt folgende Mehrerträge festgestellt:

Lößlehmboden.

Durchschnitt von 7 Jahren.

	Knollen pro ha dz	Stärke pro ha dz
Durch Phosphorsäure ohne Stalldünger	+ 34,5	+ 5,89
Durch Phosphorsäure neben Stalldünger	+ 11,8	+ 0,52

Bei den statischen Versuchen der Versuchswirtschaft Groß-Lübars wurden folgende Mehrerträge festgestellt:

Sandboden.

Durchschnitt von 3 Jahren.

	Knollen pro ha dz	Stärke pro ha dz
Durch Phosphorsäure ohne Stalldünger	+ 35,0	+ 6,47
Durch Phosphorsäure neben Stalldünger	+ 18,3	+ 3,11

Es hatte also die Phosphorsäuredüngung auf beiden Bodenarten längst nicht die Wirkung gezeigt als ohne Stalldünger. Die Phosphorsäuregaben sind daher neben Stalldünger geringer zu bemessen als ohne Stalldünger.

Was die Form der Phosphorsäuredüngung betrifft, so gebe man der Kartoffel auf besserem Boden die Phosphorsäure in Form von Superphosphat, auf dem Sandboden in Form von Thomasmehl.

Im allgemeinen können folgende Mengen als ausreichend angesehen werden:
Kartoffeln ohne Stalldünger und ohne Gründüngung: 40—50 kg Phosphorsäure pro ha.
Kartoffeln neben Stalldünger: 0—30 kg Phosphorsäure pro ha.

Hier und da kommen Verhältnisse vor, wo die Phosphorsäuregaben etwas höher zu bemessen sind.

Die Kalidüngung. Die Kartoffel ist eine typische Kalipflanze. Sie gebraucht zwar für ihre Ernährung nicht so viel Kali als die Rübe, vermag aber das Bodenkali längst nicht in dem Maße auszunutzen, als letztere. Während die Zuckerrüben bei den statischen Versuchen der Versuchswirtschaft Lauchstädt dem ungedüngten Boden im Durchschnitt von 7 Jahren 129 kg Kali zu entnehmen vermochten, vermochten die Kartoffeln unter gleichen Verhältnissen nur 61 kg Kali, also nicht einmal die Hälfte an Kali, dem Boden zu entnehmen. Aus diesem Grunde ist die Kartoffel im allgemeinen, wenn sie nicht in Stalldünger angebaut wird, kalibedürftiger als die Zuckerrübe. In vorzüglicher Weise nutzt die Kartoffel das Stallmistkali aus. Es wurden bei den statischen Versuchen der Versuchswirtschaft Lauchstädt von der Kartoffel folgende Mengen an Kali aufgenommen:

Durchschnitt von 7 Jahren.

	Aufgenommene Kalimengen pro ha kg	%
Aus 200 dz Stalldünger mit 134 kg Kali	81,00	60,5
Aus 2 dz 40prozent. Kalisalz mit 120 kg Kali . .	65,27	54,4

Vergleichen wir diese Mengen mit denen, welche die Zuckerrüben unter gleichen Verhältnissen aufnahmen, so sehen wir, daß die Kartoffeln das Stallmistkali noch erheblich besser ausnutzte, als die Zuckerrüben. Anders war es mit der Phosphorsäure des Stalldüngers. So ist es kein Wunder, daß eine Kalidüngung neben einer Stallmistdüngung bei der Kartoffel oft versagt. Es wurden bei den statischen Versuchen der Versuchswirtschaft Lauchstädt folgende Mehrerträge festgestellt:

Lößlehmboden.

Durchschnitt von 7 Jahren.

	Knollen pro ha dz	Stärke pro ha dz
Durch Kali ohne Stalldünger . . .	+ 62,7	+ 10,15
Durch Kali neben Stalldünger . . .	+ 14,2	+ 0,01

Wo die Kartoffeln nicht in Stalldünger standen, war demnach durch die Kalidüngung eine außerordentlich hohe Mehrernte erzeugt worden, sowohl an Knollen als auch an Stärke. Wo sie in Stalldünger standen, war noch ein kleiner Mehrertrag an Knollen durch die Kalidüngung erzeugt worden; die durch die letztere hervorgerufene prozentische Stärkeerniedrigung war aber so stark, daß ein Gewinn an absoluten Mengen von Stärke nicht mehr vorhanden war.

Zu gleichem Ergebnis führten die Versuche der Versuchswirtschaft Groß-Lübars. Hier wurden folgende Mehrerträge festgestellt:

Sandboden.

Durchschnitt von 3 Jahren.

	Knollen pro ha dz	Stärke pro ha dz
Durch Kali ohne Stalldünger	+ 24,7	+ 2,76
Durch Kali neben Stalldünger . . .	+ 9,0	+ 0,03

Also auch hier auf dem Sandboden lagen die Verhältnisse ebenso, wie auf dem besseren Boden. Einen Gewinn hatte die Kalidüngung nur bei den nicht in Stalldünger angebauten Kartoffeln gebracht. Bei den in Stalldünger stehenden Kartoffeln war durch die Kalidüngung wie in dem ersten Falle noch eine kleine Mehrernte an Knollen erzeugt worden, nicht aber eine Mehrernte an Stärke.

Zu denselben Ergebnissen führten die vielen vom Verfasser[1]), D. Meyer und F. Münter auf verschiedenen Bodenarten in der Provinz Sachsen ausgeführten Feldversuche. Auch bei diesen Versuchen war neben Stalldünger eine Kaliwirkung nicht vorhanden; es hatte das Stalldüngerkali für Höchstproduktionen ausgereicht.

Es gibt nun aber Verhältnisse, wo auch neben Stalldünger eine Kalidüngung noch mit Erfolg angewendet werden kann. So hat Baeßler[2]) in der Provinz Pommern im Durchschnitt dreijähriger Versuche folgende Mehrernte festgestellt:

Verschiedene Sandböden und lehmige Sandböden.

Durchschnitt von 3 Jahren.

	Knollen pro ha dz	Stärke pro ha dz
Durch Kali ohne Stalldünger	+ 38,5	+ 5,53
Durch Kali neben Stalldünger . . .	+ 25,0	+ 3,28

Auf diesen Böden war also auch noch neben Stalldünger eine Kaliwirkung vorhanden, wenn dieselbe auch nicht so groß war, als bei den nicht in Stalldünger angebauten Kartoffeln.

Bei den obigen Versuchen war immer eine hohe Kalireaktion vorhanden bei den nicht in Stalldünger angebauten Kartoffeln. Dafür, daß die Kartoffeln in diesem Falle immer eine starke Kalireaktion zeigen, mögen noch die folgenden Versuchsergebnisse dienen:

	Mehrerträge Knollen pro ha dz	Stärke pro ha dz
Kalireicher schwerer Boden, Durchschnitt von 12 Jahren, nach Versuchen des landwirtschaftlichen Institutes der Universität Göttingen	+ 78,0	?
Kalireicher schwerer Boden, Durchschnitt von 23 Sorten, nach Versuchen des landwirtschaftlichen Institutes der Universität Göttingen	+ 46,6	+ 8,60
Sandboden, nach Versuchen der Versuchsstation Halle .	+ 40,4	+ 3,59
Moorboden, Durchschnitt von 3 Versuchen nach Versuchen der königl. bayrischen Moor-Versuchsstation	+ 72,4	+ 16,24
Lößlehmboden, nach früheren 5jährigen Versuchen der Versuchswirtschaft Lauchstädt	+ 74,2	+ 12,74

[1]) Arbeiten der D. L.-G. Heft 193.

[2]) Arbeiten der D. L.-G. Heft 81.

Diese Versuche zeigen, daß auch die Kartoffeln auf den besseren kalireichen Böden eine Kalidüngung ganz besonders notwendig haben, wenn sie nicht in Stalldünger angebaut werden.

In gleicher Weise lohnen die Kartoffeln auch eine Kalidüngung, wenn sie in Gründüngung angebaut werden, vorausgesetzt, daß die letztere selbst, bezw. ihre Deck- oder Vorfrucht nicht mit Kali gedüngt war. Es wurden vom Verfasser in der Versuchswirtschaft Lauchstädt folgende Mehrerträge festgestellt:

Lößlehmboden.

	Knollen pro ha dz	Stärke pro ha dz
Durch Kali neben Gründüngung . . .	+ 79,8	+ 12,31

Demnach wurde neben der Gründüngung durch die Kalidüngung die gewaltige Menge von 79,8 dz Knollen und 12,31 dz Stärke mehr geerntet, woraus der außerordentlich große Nutzen der Kalidüngung neben der Gründüngung hervorgeht. Eine derartige Kalireaktion ist natürlich nicht vorhanden, oder nur in geringerem Maße, wenn die Gründüngung bezw. ihre Deck- oder Vorfrucht mit Kali gedüngt worden ist. Ganz besonders wird also die Kalidüngung in viehlosen Wirtschaften oder in Wirtschaften, wo man die Viehhaltung eingeschränkt hat und den Stalldünger teilweise oder ganz durch die Gründüngung ersetzt, eine Bedeutung haben.

Ebenso wird die Kartoffel eine Kalidüngung lohnen in Klee- und Luzernestoppel, in welcher sie häufig angebaut wird. Versuche nach dieser Richtung hin liegen nicht vor, jedoch können wir auch ohne solche Versuche mit Bestimmtheit annehmen, daß eine Kalidüngung neben untergepflügter Klee- oder Luzernestoppel sich als unbedingt notwendig erweisen wird, wenn die Kartoffel nicht gleichzeitig eine höhere Stallmistgabe, mit welcher wir, wie wir sehen, dem Boden größere Kalimengen zuführen, erhält. Liefert die volle große Gründüngungsmasse, wie sie bei den Lauchstädter Versuchen zu Kartoffeln untergepflügt wurde, den letzteren nicht die nötigen Kalimengen, so werden es die alleinigen Wurzelreste der Leguminosen erst recht nicht tun. Der Verfasser hat sich auch selbst in der Praxis mit eigenen Augen von dem Kalihunger solcher in Klee- oder Luzernestoppel angebauten Kartoffeln überzeugen können. Dieser Kalihunger machte sich auch dann noch bemerkbar, wenn die in Klee- bezw. Luzernestoppel gebauten Kartoffeln noch eine schwache Stallmistdüngung erhalten hatten. Wurzelreste und die gegebene schwache Stallmistdüngung zusammen konnten der Kartoffel die nötigen Kalimengen nicht liefern; die Kartoffeln wiesen ein niedrigeres, dunkelgrünes Kraut auf, welches immer ein Zeichen des Kalimangels ist. Wir werden also den in Klee- oder Luzernestoppel gebauten Kartoffeln immer eine Kalidüngung geben müssen, wenn nicht gleichzeitig eine höhere Stallmistgabe erfolgt. Ist es denn überhaupt rationell, auf Klee- und Luzernestoppel den Kartoffeln

noch höhere Stallmistdüngungen zu geben? Nein: wir würden die Kartoffeln dann mit Stickstoff überdüngen und Verschwendung treiben mit unserem wertvollsten Pflanzennährstoff. Es würde also durchaus nicht richtig sein, zwecks Zuführung von Kali größere Stallmistgaben zu verabfolgen. Wir haben in solchem Falle die Düngung weit billiger, wenn wir die fehlenden Kalimengen durch Staßfurter Kalisalze ergänzen. Wohl können unter Umständen mäßige Stallmistgaben bei in Luzerne- oder Kleestoppel angebauten Kartoffeln angebracht sein, niemals aber höhere Stallmistgaben. In sehr vielen Fällen werden schon die Wurzelrückstände allein imstande sein, den Kartoffeln die nötigen Stickstoffmengen zu bieten; da heißt es denn also ganz besonders zu den Staßfurter Kalisalzen zu greifen. Selbstverständlich darf in solchen Fällen die Phosphorsäure nicht fehlen, denn nach dem altbekannten Grundsatz kann ja ein Nährstoff nur dann eine volle Wirkung zeigen, wenn auch die übrigen Nährstoffe nicht fehlen. Fehlt es also an Phosphorsäure, so kann auch das Kali die von ihm sonst zu erwartende Wirkung nicht zeigen.

Aus den obigen Betrachtungen sehen wir, daß die Kartoffeln immer eine Kalidüngung nötig haben, wenn sie in reiner Mineraldüngung, Gründüngung, Klee- oder Luzernestoppel stehen und daß die Frage der Kalidüngung neben Stalldünger bei der Kartoffel immer von Fall zu Fall zu entscheiden ist. Bei den in Stalldünger angebauten Kartoffeln hat man immer die Menge und Qualität des Stalldüngers zu berücksichtigen. Erhält die Kartoffel nur eine niedrige Stalldüngergabe, z. B. 150 dz pro Hektar (75 Ztr. pro Morgen) oder handelt es sich um einen minderwertigen Stalldünger, um einen Stalldünger, von welchem die kalireiche Jauche zum großen Teil abgeflossen ist, dann wird die Kartoffel auch meist unter diesen Verhältnissen eine Kalidüngung lohnen. Bei den obigen aufgeführten statischen Versuchen hat es sich immer um einen Stalldünger bester Qualität gehandelt, von dem pro Hektar 200 dz (100 Ztr. pro Morgen) verabfolgt worden waren.

Was die Form der Kalidüngung betrifft, so ist für die Kartoffel das 40prozent. Kalisalz geeigneter als der Kainit, da man ihr mit dem letzteren mehr Chlorsalze zuführt, gegen welche sie sehr empfindlich ist. Es beweisen dies u. a. die zahlreichen Versuche, welche die Versuchsstationen mit Unterstützung der D. L.-G. ausführten.[1]) Es wurden bei diesen Versuchen folgende Mehrerträge festgestellt:

	Mehrerträge pro Hektar		
	Knollen pro ha dz	Stärke %	Stärke pro ha dz
Versuchsstation Halle, Lößlehmboden (Mittel von 3 Versuchen)			
durch Kainit	+76,1	— 1,4	+10,51
durch 40prozent. Kalisalz	+73,0	— 0,9	+11,51

[1]) Arbeiten der D. L.-G. Heft 81.

	Mehrerträge pro Hektar Knollen pro ha dz	Stärke %	Stärke pro ha dz
Versuchsstation Königsberg (Mittel von 6 Versuchen)			
durch Kainit	+26,1	—1,1	+ 2,44
durch 40prozent. Kalisalz	+29,5	—0,9	+ 3,39
Versuchsstation Köslin, Sandböden und lehmige Sandböden (Mittel von 38 Versuchen).			
durch Kainit	+33,3	—1,1	+ 3,93
durch 40prozent. Kalisalz	+38,5	—0,8	+ 5,53
Versuchsstation Danzig, verschiedene Böden (Mittel von 9 Versuchen)			
durch Kainit	+ 9,0	—0,7	— 0,03
durch 40prozent. Kalisalz	+15,2	—0,6	+ 1,20
Landwirtschaftliches Versuchsfeld der Universität Göttingen, schwerer Boden (Mittel eines Versuches mit 23 Sorten)			
durch Kainit	+35,3	—1,2	+ 3,84
durch 40prozent. Kalisalz	+46,6	—0,1	+ 8,60
Kgl. Bayr. Moorkulturanstalt München, Moorboden (Mittel von 3 Versuchen)			
durch Kainit	+55,63	—0,2	+10,19
durch 40prozent. Kalisalz	+72,43	+1,6	+16,24

Aus dieser Zusammensetzung sehen wir, daß das 40prozent. Kalisalz zu Kartoffeln besser wirkt als der Kainit; die Erträge lagen bei den mit 40prozent. Kalisalz gedüngten Kartoffeln meist etwas höher, die prozentische Stärkeerniedrigung war bei der Düngung mit 40prozent. Kalisalz geringer, als bei der Kainitdüngung, so daß mit dem 40prozent. Kalisalz größere Mengen an Stärke auf 1 ha, wie die Zahlen zeigen, erzielt wurden. Es ist also das 40prozent. Kalisalz entschieden der geeignetere Dünger zu Kartoffeln. Dies trifft nicht nur für die besseren Böden zu, sondern auch, wie gleichzeitig obige Versuche lehren, für die leichteren Böden und die Moorböden (s. hierzu die umfangreichen Versuche von Tacke[1]). Gegenwärtig werden umfangreiche Versuche angestellt mit chlorfreien Kalisalzen, mit dem schwefelsauren Kali und der schwefelsauren Kali-Magnesia. Es ist sehr wohl möglich, daß man mit diesen chlorfreien Salzen noch bessere Erfolge bei der Kartoffel erzielt als mit dem 40prozent. Kalisalz.

Die Zeit und Unterbringung der Kalidüngung. Über die Zeit der Anwendung der Kalisalze zu Kartoffeln sind zahlreiche Versuche ausgeführt worden, u. a. vom Verfasser, D. Meyer und F. Münter.. Die Kalisalze (Kainit und 40prozent. Kalisalz) wurden auf verschiedenen Bodenarten einerseits

[1]) Tacke, Arbeiten der Moorversuchsstation Bremen, Landw. Jahrbücher 1898.

im Herbst, andererseits im Frühjahr kurze Zeit vor der Bestellung, gegeben und hierbei folgende Durchschnittsmehrerträge pro Hektar festgestellt:

Mehrerträge.

	Kali-Herbstdüngung			Kali-Frühjahrsdüngung		
	Knollen pro ha dz	Trocken-substanz pro ha dz	Stärke %	Knollen pro ha dz	Trocken-substanz pro ha dz	Stärke %
Lößlehmboden	+ 35,2	+ 8,9	— 0,3	+ 32,5	+ 7,0	— 0,7
Lehmiger Sandboden . . .	+ 21,9	+ 4,3	— 0,6	+ 25,7	+ 3,9	— 1,5
Trockner Sandboden . . .	+ 50,0	+ 9,7	— 1,0	+ 47,8	+ 7,6	— 2,1
Feuchter Sandboden . . .	+ 27,0	+ 5,2	— 0,8	+ 46,8	+ 7,4	— 2,2

Hiernach hatte im Durchschnitt der Jahre auf dem Lößlehmboden, dem lehmigen Sandboden und dem trocknen Sandboden die Herbstdüngung, auf dem feuchten Sandboden die Frühjahrsdüngung besser abgeschnitten. Die Stärkeprozente wurden durch die Herbstdüngung längst nicht in dem Maße herabgedrückt wie durch die Frühjahrsdüngung. Auf dem besseren Boden hatte, wie die einzelnen Jahre zeigten, fast in allen Jahren die Herbstdüngung besser abgeschnitten, während auf den leichteren Böden mal die Herbstdüngung mal die Frühjahrsdüngung besser abschnitt. Es ist dies auch leicht zu erklären: Auf den besseren stark absorbierenden Bodenarten bleibt das im Herbst gegebene Kali ganz, oder so gut wie ganz erhalten, während auf den leichteren durchlässigen Böden je nach den im Winter fallenden Niederschlagsmengen größere oder kleinere Kaliverluste durch Auswaschen eintreten. Man wird daher den besseren und mittleren Böden die Kalidüngung zu Kartoffeln am besten immer im Herbst geben, während für die Sandböden je nach Art der Böden und der klimatischen Verhältnisse Herbst- und Frühjahrsdüngung in Frage kommen können. Auf den Moorböden schneidet, ebenso wie auf den Sandböden, nach Versuchen von Tacke und Baumann mal die Frühjahrsdüngung mal die Herbstdüngung besser ab. Gibt man der Kartoffel das Kali im Frühjahr, so hat dies immer in Form des 40prozent. Kalisalzes zu geschehen und nicht in Form des Kainits. Der letztere darf, wenn er überhaupt zu Kartoffeln angewendet werden soll, nur im Herbst oder Winter gegeben werden. Was die Unterbringung der Kalisalze betrifft, so können dieselben untergepflügt oder untergekrümmert werden, größere Mengen pflügt man am besten immer unter.

Die Höhe der Kalidüngung hat sich, wenn von den Bodenverhältnissen abgesehen wird, nach der Stallmistdüngung zu richten. Neben einer normalen Stallmistdüngung haben nur sehr kalibedürftige Böden noch einen Kalizuschuß notwendig. Im allgemeinen können folgende Kaligaben als zweckmäßig angesehen werden:

Kartoffeln ohne Stalldünger: 3 dz 40prozent. Kalisalz.

Kartoffeln in Stalldünger: 0—2 dz 40prozent. Kalisalz.

Kainit sollte, wenn überhaupt, bei der Kartoffel nur für die leichteren Böden in Frage kommen.

Beispiel für die Düngung der Kartoffel.

Bessere und schwere Böden.

Kartoffeln ohne Stalldünger (reine Mineraldüngung).

a) Nach Stickstoffzehrern.

3 dz 40prozent. Kalisalz (Herbst),
3—4 dz Superphosphat,
$1^1/_2$—2 dz Salpeter,
oder 1—$1^1/_2$ dz schwefelsaures Ammoniak als Ammoniak-Superphosphat.

b) Nach Leguminosen (Klee, Luzerne, Erbsen, Bohnen).

Kali und Phosphorsäure wie bei a),
1 dz Salpeter,
oder $^3/_4$ dz schwefelsaures Ammoniak als Ammoniak-Superphosphat.

Kartoffeln in Stalldünger (200 dz).

2 dz Superphosphat (nur phosphorsäurebedürftigeren Böden),
bei Stalldünger guter Qualität keine weitere Stickstoffdüngung,
bei minderwertigem Stalldünger 1 dz Salpeter,
oder $^3/_4$ dz schwefelsaures Ammoniak als Ammoniak-Superphosphat.

Kartoffeln in Gründüngung.

3 dz 40prozent. Kalisalz (Herbst),
3—4 dz Superphosphat,
bei gut geratener Gründüngung keine weitere Stickstoffdüngung.

Leichtere Böden.

Kartoffeln ohne Stalldünger (reine Mineraldüngung).

a) Nach Stickstoffzehrern.

3 dz 40prozent. Kalisalz (Herbst, Winter oder zeitig im Frühjahr; wenn Kainit 8 dz im Herbst).
3—4 dz Thomasmehl,
2—4 dz Salpeter, je nach den erzielbaren Erträgen,
oder $1^1/_2$—3 dz schwefelsaures Ammoniak,
oder kombinierte Düngung von Ammoniak und Salpeter.

b) Nach Leguminosen (Klee, Luzerne, Erbsen, Bohnen).

Kali und Phosphorsäure wie bei a),
2—3 dz Salpeter,
oder $1^1/_2$—$2^1/_4$ dz schwefelsaures Ammoniak,
oder kombinierte Düngung von Ammoniak und Salpeter.

Kartoffeln in Stalldünger (200 dz).

2 dz 40prozent. Kalisalz (nur kalibedürftigeren Böden),
2—3 dz Thomasmehl,
1—2 dz Salpeter,
oder $^3/_4$—$1^1/_2$ dz schwefelsaures Ammoniak.

Kartoffeln in Gründüngung.

3 dz 40prozent. Kalisalz (Herbst, Winter oder zeitig im Frühjahr; wenn Kainit, 8 dz im Herbst).
3—4 dz Thomasmehl,
bei sehr gut geratener Gründüngung keine weitere Stickstoffdüngung,
bei weniger gut geratener 1—2 dz Salpeter,
oder $^3/_4$—$1^1/_2$ dz schwefelsaures Ammoniak.

Für Ammoniak kann auch Kalkstickstoff angewendet werden.

Die Kartoffel soll immer, wie wir sahen, entweder in Stalldünger oder Gründüngung angebaut werden. Es kommt daher für die Praxis hauptsächlich in Frage die Düngung der in Stalldünger oder Gründüngung gebauten Kartoffeln. Allerdings kommt es öfters vor, daß die Gründüngung mißrät und dann auch Stalldünger für die Kartoffeln nicht vorhanden ist. In diesen Ausnahmefällen kommen die zuerst aufgeführten Düngungen (Mineraldüngung) in Frage. Neben 200 dz Stalldünger (100 Ztr. pro Morgen) bester Qualität gebraucht die Kartoffel auf den meisten besseren Böden keine weitere Düngung mehr, während auf den Sandböden auch noch neben Stalldünger, welcher hier große Verluste erleidet, besonders wenn er schon im Herbst untergepflügt wird, was nach Möglichkeit vermieden werden muß, eine Stickstoffgabe sich meist als notwendig erweist. Eine vorzüglich geratene Gründüngung kann, wie wir sahen, das Stickstoffbedürfnis der Kartoffeln nicht nur auf den besseren Böden, sondern auch auf den leichten Böden befriedigen, während bei weniger gut geratener Gründüngung auf leichten Böden eine Stickstoffgabe sich als notwendig erweist, deren Höhe nach dem Stande der Gründüngung zu bemessen ist. Die Phosphorsäure- und Kalidüngung spielt neben Stalldünger nur eine untergeordnete Rolle, während sie bei den in Gründüngung und reiner Mineraldüngung stehenden Kartoffeln eine hohe Bedeutung hat.

Der Roggen.

Der Roggen stellt keine großen Ansprüche an den Boden und das Klima. Er gedeiht bekanntlich nicht nur auf den bessern Böden, sondern es werden mit den jetzigen Roggensorten bei richtiger Aussaat und Düngung auch auf lehmigen Sandböden und feuchten Sandböden sehr hohe Ernten erzeugt, bis 40 dz pro Hektar (20 Ztr. pro Morgen). Auch auf den trockensten Sandböden können jetzt bei richtiger Aussaat und Düngung Durchschnittserträge von 20 dz pro Hektar (10 Ztr. pro Morgen) erzielt werden, Ernten, welche man hier früher nicht für möglich hielt.

Die Düngung des Roggens.

Die Stallmist- und Gründüngung. Wenn auch der Roggen an und für sich den Stalldünger und die Gründüngung verhältnismäßig gut auszunutzen vermag, so ist doch zu bedenken, daß bei der zeitigen Anwendung des Stall-

düngers zu Roggen und bei dem zeitigen Unterpflügen der Gründüngung, Stalldünger sowohl wie Gründüngung auf den Sandböden große Stickstoffverluste während des Herbstes und Winters erleiden, wodurch ihre Wirkung sehr herabgedrückt wird. Dazu kommt, daß sich die Gründüngung zu der Zeit, wo sie zu Roggen untergepflügt werden muß, oft noch nicht genügend entwickelt hat und die durch die Gründüngung hervorgerufene Lockerheit des Bodens das Auswintern des Roggens begünstigt.

Auf Parzellen mit dauerndem Roggenbau wurden vom Verfasser in der Versuchswirtschaft Groß-Lübars folgende Erträge festgestellt:

Trockner Sandboden.
Durchschnitt von 3 Jahren.

Düngung auf 1 ha	Körner pro ha dz	Stroh pro ha dz	Aufgenommene Stickstoffmenge pro ha kg
Seradella-Einsaat + 20 kg Stickstoff .	12,95	25,62	28,05
100 dz Stalldünger + 20 kg Stickstoff .	16,91	34,68	36,25
40 kg Stickstoff allein, als Salpeter . .	18,06	39,30	40,92
40 kg Stickstoff allein, als Ammoniak .	17,42	36,14	36,36

Hiernach hat sich die Gründüngung bei dauerndem Roggenbau nicht bewährt. Selbst unter Zugabe von 20 kg Stickstoff wurden im Durchschnitt der drei Jahre nur 12,95 dz Körner erzeugt, während durch 40 kg Stickstoff in Form von Salpeter unter gleichen Verhältnissen 18,06 dz Körner erzeugt wurden. Die schlechte Wirkung der Gründüngung ist zum Teil auf ihr Mißraten zurückzuführen, womit man aber hier immer rechnen muß. Auch die Anwendung des Stalldüngers im Herbst zu Roggen hatte sich, wenn derselbe auch unter diesen Verhältnissen weit besser abschnitt, als die Gründüngung, nicht bewährt. Es wurden durch den Stalldünger in Verbindung mit 20 kg Stickstoff nicht die Erträge erzielt als durch 40 kg Stickstoff allein in Form von Salpeter oder Ammoniak. Eine Gründüngung wird daher auf dem Sandboden zu Roggen nicht zu empfehlen sein und auch der Stalldünger darf hier wegen der großen Verluste, die er bei der zeitigen Unterbringung auf dem Sandboden erleidet, nur in mäßigen Gaben zur Anwendung kommen. Auf den besseren Böden kommt die Gründüngung zu Roggen überhaupt nicht in Frage, während hier mäßige Gaben von Stalldünger beim Roggen mit Vorteil angewendet werden können.

Die Stickstoffdüngung. Das Stickstoffbedürfnis des Roggens ist ein geringeres als das des Weizens und des Hafers, dabei ist aber zu bedenken, daß der Roggen zum großen Teil auf viel stickstoffbedürftigeren Böden angebaut wird als die anderen Getreidearten, so daß die Stickstoffgaben zu Roggen auf solchen Böden eine beträchtliche Höhe erreichen können.

Auf den besseren Böden kommen nach den allgemeinen Erfahrungen und den angestellten Versuchen bei nicht in Stalldünger angebautem Roggen je nach Vorfrucht und Düngung der Vorfrucht im allgemeinen 2—3 dz Salpeter pro

Hektar ($^1/_2$—$1^1/_2$ Ztr. pro Morgen) bezw. entsprechende Mengen von Ammoniak oder Kalkstickstoff in Frage. In einzelnen Fällen rentieren sich auch hier noch etwas höhere Gaben.

Auf leichteren Böden (sandigen und lehmigen Sandböden) hat sich die Höhe der Düngung ganz nach dem Produktionsvermögen der Böden, welches in erster Linie durch die Feuchtigkeitsverhältnisse bedingt wird, zu richten. Auf den sandigen Lehmböden und feuchten Sandböden rentieren sich Gaben bis zu 4 dz Salpeter pro Hektar (2 Ztr. pro Morgen), während auf den trocknen Sandböden meist eine Gabe von 2 dz Salpeter pro Hektar (1 Ztr. pro Morgen) als ausreichend anzusehen ist. Bei Versuchen, welche der Verfasser mit D. Meyer und F. Münter anstellte, wurden folgende Mehrerträge pro Hektar festgestellt:

Mehrerträge.

Feuchter Sandboden.

Durchschnitt von 4 Jahren.

		Durch 4 dz Salpeter mehr als durch 2 dz Salpeter
Durch 2 dz Salpeter	+ 6,60 dz Körner	—
Durch 4 dz Salpeter	+ 11,27 „ „	+ 4,63 dz Körner

Trockner Sandboden.

Durchschnitt von 5 Jahren.

Darch 2 dz Salpeter	+ 3,81 dz Körner	—
Durch 4 dz Salpeter	+ 6,16 „ „	+ 2,35 dz Körner

Lehmiger Sandboden.

1 Jahr.

Durch 2 dz Salpeter	+ 6,34 dz Körner	—
Durch 4 dz Salpeter	+ 10,42 „ „	+ 4,08 dz Körner

Hiernach hat sich auf dem feuchten Sandboden eine Stickstoffgabe von 4 dz Salpeter pro Hektar (2 Ztr. pro Morgen) noch gut bezahlt gemacht. Es wurden durch 2 dz Salpeter 6,60 dz Körner, durch 4 dz Salpeter 11,27 dz Körner erzeugt; demnach durch die erhöhte Stickstoffgabe noch 4,63 dz Körner mehr erzeugt. Auch auf dem lehmigen Sandboden hatte sich die höhere Stickstoffgabe noch bezahlt gemacht. Es wurden hier durch 2 dz Salpeter 6,34 dz Körner, durch 4 dz Salpeter 10,42 dz Körner erzeugt; demnach durch die erhöhte Stickstoffgabe noch 4,08 dz Körner mehr erzeugt. Auf dem trocknen Sandboden hatten 2 dz Salpeter 3,81 dz Körner, 4 dz Salpeter 6,16 dz Körner erzeugt; demnach hatte hier die erhöhte Stickstoffgabe nur 2,35 dz Körner mehr erzeugt und damit sich nicht bezahlt gemacht. Hiernach und nach anderweitigen Versuchen, z. B. den von Wagner[1]) angestellten, rentieren sich also auf den stickstoffbedürftigen lehmigen Sandböden und feuchten Sandböden bis 4 dz Salpeter,

[1]) Arbeiten der D. L.-G.

auf den trocknen Sandböden dagegen nur 2 dz Salpeter bezw. die entsprechenden Mengen von Ammoniak oder Kalkstickstoff.

Weiter hat sich die Stickstoffdüngung nach der Stallmistdüngung zu richten. Steht der Roggen direkt in Stalldünger, so hat er auf den besseren Böden entweder gar keine weitere Stickstoffdüngung nötig oder nur eine geringe Stickstoffgabe, während auf den leichten Böden wegen der hier beim Stalldünger eintretenden Verluste sich neben Stalldünger immer noch eine Stickstoffdüngung als notwendig erweisen wird.

Steht die Vorfrucht des Roggens in Stalldünger, so ist

1. auf den besseren Böden die Stickstoffdüngung niedriger zu bemessen als da, wo die Vorfrucht keinen Stalldünger erhielt (s. Weizen),

2. auf den leichten Böden die Stickstoffgabe in beiden Fällen gleich oder annähernd gleich zu bemessen. Es wurden bei den statischen Versuchen der Versuchswirtschaft Groß-Lübars folgende Erträge festgestellt:

Trockner Sandboden.

Durchschnitt von 3 Jahren.

	Vorfrucht: Kartoffeln ohne Stalldünger		Vorfrucht: Kartoffeln in Stalldünger	
	Körner pro ha dz	Stroh pro ha dz	Körner pro ha dz	Stroh pro ha dz
Ohne Stickstoff	10,52	17,37	11,71	19,32
Mit Stickstoff (40 kg pro Hektar) .	19,29	32,87	18,98	33,48
Durch Stickstoffdüngung	+ 8,77	+ 15,50	+ 7,27	+ 14,16

Der Stalldünger hatte also hier auf dem Sandboden im Gegensatz zu dem besseren Boden so gut wie keine Nachwirkung gezeigt. Es wurden geerntet bei dem Roggen, welcher auf nicht in Stalldünger gebaute Kartoffeln folgte, 10,5 dz Körner, bei dem, welcher auf in Stalldünger gebaute Kartoffeln folgte, auch nur 11,7 dz Körner pro Hektar. Infolgedessen zeigte die Stickstoffdüngung in beiden Fällen annähernd dieselbe Wirkung. Es wurden mit Stickstoff geerntet im ersteren Falle 19,3 dz Körner, im zweiten Falle 19,0 dz Körner pro Hektar. Die Stickstoffdüngung ist also auf dem Sandboden bei dem Roggen, welcher auf in Stalldünger gebaute Früchte folgt, nicht oder jedenfalls nicht viel niedriger zu bemessen, als bei dem Roggen, dessen Vorfrüchte keinen Stalldünger erhielten. Anders steht es auf den besseren Böden, wo man mit einer nennenswerten Nachwirkung des Stalldüngers zu rechnen hat. Hier muß man die Stickstoffdüngung bei dem Roggen, welcher auf in Stalldünger gebaute Früchte folgt, niedriger bemessen, als bei dem Roggen, dessen Vorfrüchte keinen Stalldünger erhielten. Das gleiche gilt bezüglich der Nachwirkung der Gründüngung. Auch

die Gründüngung zeigt auf den besseren Böden eine höhere Nachwirkung als auf den Sandböden.

Um beim Roggen eine hohe Wirkung der Stickstoffdüngung zu erzielen, empfiehlt man jetzt das Aussaatquantum möglichst gering zu bemessen. Bei vom Verfasser[1]), D. Meyer und F. Münter nach dieser Richtung hin angestellten Versuchen, wurden im Durchschnitt von 2 normalen Jahren folgende Ernten festgestellt:

Feuchter Sandboden.
Durchschnitt von 2 Jahren.

	19—20 cm Drillweite 52 kg Aussaatmenge[2])		15—16 cm Drillweite 60 kg Aussaatmenge[2])		15—16 cm Drillweite 82 kg Aussaatmenge[2])	
	Körner pro ha dz	Stroh pro ha dz	Körner pro ha dz	Stroh pro ha dz	Körner pro ha dz	Stroh pro ha dz
Ohne Stickstoff .	13,55	24,78	19,49	32,69	18,06	29,64
5 dz Salpeter .	31,39	55,61	33,95	57,21	34,23	56,86

Hiernach hatte die weite Drillweite von 19—20 cm mit der geringsten Aussaatmenge von 52 kg pro Hektar (26 Pfd. pro Morgen) nicht die höchsten Kornerträge ergeben. Dagegen hat die Aussaatmenge von 60 kg pro Hektar (30 Pfd. pro Morgen) bei 15—16 cm Drillweite genügt. Es wurden mit einer Aussaatmenge von 60 kg pro Hektar dieselben Erträge erzielt, als mit einer Aussaatmenge von 82 kg pro Hektar. In beiden Fällen wurden bei der Stickstoffdüngung rund 34 dz Körner pro Hektar (17 Ztr. pro Morgen) geerntet.

Nach diesen Versuchen und nach den in der Praxis auf Sandböden gemachten Beobachtungen genügt, wenn es sich nicht um besonders ungünstige klimatische Verhältnisse handelt, auf alle Fälle eine Aussaatmenge von 80 kg pro Hektar (40 Pfd. pro Morgen) und auch für die besseren Böden, welche nicht unter besonders ungünstigen klimatischen Verhältnissen zu leiden haben, wird eine Aussaatmenge von 100 kg pro Hektar (50 Pfd. pro Morgen) als vollständig ausreichend anzusehen sein. Mit dieser Aussaatmenge sind auch auf dem Lößlehmboden der Versuchswirtschaft Lauchstädt gute Erfahrungen gemacht. Höher muß aber die Aussaatmenge beim Roggen bemessen werden, wenn es sich um ungünstige klimatische Verhältnisse handelt, wie solche vielfach im Norden und Osten Deutschlands vorhanden sind. Hier muß man wegen des leichteren Auswinterns des Roggens die Aussaatmenge auf 120—140 kg pro Hektar (60—70 Pfd. pro Morgen) bemessen.

Was die Zeit und Form der Stickstoffdüngung betrifft, so ist für den Roggen eine sinngemäße Frühjahrs-Kopfdüngung mit Salpeter die Haupt-

[1]) Arbeiten der D. L.-G. Heft 217.
[2]) pro Hektar.

sache. Die erhöhten Frühjahrs-Kopfdüngungen, speziell mit Salpeter, zu welchen man in jüngster Zeit übergegangen ist, sind es hauptsächlich gewesen, welchen wir, zusammen mit den züchterischen Erfolgen, die hohe Steigerung der Roggenproduktion zu verdanken haben. Das schwefelsaure Ammoniak kann als Kopfdünger beim Roggen auch in Frage kommen, aber nur auf dem Sandboden, wo es annähernd dasselbe leistet, als der Salpeter. Nicht darf das schwefelsaure Ammoniak angewendet werden als Kopfdünger auf den kalkreicheren, besseren und schwereren Bodenarten; hier erleidet es durch den Kalk des Bodens nicht unerhebliche Stickstoffverluste. Allgemein nicht zu empfehlen ist als Kopfdünger der Kalkstickstoff.[1]) Wohl aber kommt derselbe ebenso wie das schwefelsaure Ammoniak als Herbstdünger auf besseren und schwereren Böden für den Roggen in Frage. Der Kalkstickstoff leistet hier als Herbstdünger zu Roggen annähernd dasselbe als das schwefelsaure Ammoniak. Ganz zu verwerfen ist jede größere Stickstoff-Herbstdüngung zu Roggen auf dem Sandboden. Es werden von dem Roggen während des Herbstes nur sehr geringe Mengen von Stickstoff aufgenommen, der bei weitem größte Teil der Stickstoff-Herbstdüngung geht auf dem Sandboden durch Auswaschen verloren. Dasselbe gilt auch für die noch vielfach als Herbstdünger zu Roggen verwendeten organischen Stickstoffdünger. So wurden z. B. bei Versuchen, welche der Verfasser, D. Meyer und F. Münter in der Versuchswirtschaft Groß-Lübars anstellten, pro Hektar folgende Mehrerträge festgestellt:

Trockner Sandboden.

Durchschnitt von 3 normalen Jahren.

Durch	30 kg	Stickstoff	als	Salpeter,	Frühjahr	. .	+ 5,38	dz Körner pro Hektar
„	30 „	„	„	Ammoniak,	Frühjahr	. .	+ 4,39	„ „ „ „
„	30 „	„	„	Ammoniak,	Herbst	. .	+ 0,83	„ „ „ „
„	30 „	„	„	Fleischdüngemehl,	Herbst		+ 1,27	„ „ „ „

Demnach war die Wirkung der Ammoniak-Herbstdüngung auf dem Sandboden so gut wie Null. Auch das im Herbst gegebene Fleischdüngemehl hatte nicht viel besser abgeschnitten. Es war der im Herbst gegebene Stickstoff, wie die Untersuchungen lehrten, fast vollständig verloren gegangen. Aus diesem Grunde darf man auf den Sandböden dem Roggen im Herbst nur soviel Stickstoff geben als für seine erste Entwicklung notwendig ist. Höhere Gaben als 10 kg Stickstoff pro Hektar (5 Pfd. pro Morgen), welche man als Ammoniak oder Kalkstickstoff oder auch in Form von organischem Stickstoff geben kann, sind hier nicht am Platze. Auf dem besseren Boden, wo derartige Verluste nicht zu befürchten sind, kann man höhere Stickstoffgaben im Herbst verabfolgen.

Die Phosphorsäuredüngung. Der Roggen ist dankbar für eine Phosphorsäuredüngung. Vom Boden abgesehen, hat sich die Höhe der Phosphorsäuredüngung nach der Stallmistdüngung zu richten und zwar nicht nur auf dem

[1]) In jetziger Kriegszeit, wo Salpeter nicht zur Verfügung steht, bleibt nichts anders übrig, als zur Kopfdüngung Ammoniak und Kalkstickstoff zu verwenden.

besseren Boden, sondern auch auf dem Sandboden. Steht der Roggen direkt in Stalldünger, so hat er im allgemeinen eine Phosphorsäuredüngung nicht nötig und auch in zweiter Tracht macht sich die Phosphorsäurewirkung des Stalldüngers noch deutlich bemerkbar. Es wurden bei den statischen Versuchen der Versuchswirtschaft Groß-Lübars folgende Mehrerträge festgestellt:

Sandboden.

Durchschnitt von 3 Jahren.

	Körner pro ha dz	Stroh pro ha dz
Durch Phosphorsäure, Vorfrucht Kartoffeln ohne Stalldünger	+2,50	+4,12
„ „ „ „ in „	+1,32	+2,88

Demnach war das Phosphorsäurebedürfnis des Roggens durch die Nachwirkung des Stalldüngers zum Teil gedeckt worden und man kann deshalb die Phosphorsäuredüngung bei dem Roggen, welcher auf in Stalldünger gebaute Früchte folgt, niedriger bemessen, als bei dem Roggen, welcher auf nicht in Stalldünger gebaute Früchte folgt.

Was die Form der Phosphorsäuredüngung betrifft, so gebe man dem Roggen die Phosphorsäure auf den besseren Böden in Form von Superphosphat, bezw. in Form von Ammoniak-Superphosphat, auf den leichteren Böden in Form von Thomasmehl.

Je nach Boden und Düngung der Vorfrucht kommen im allgemeinen für den Roggen 30—50 kg Phosphorsäure pro Hektar (15—25 Pfd. pro Morgen) in Frage.

Die Kalidüngung. Auf Böden, welche mehrere Jahre hindurch eine Kalidüngung nicht erhielten, werden auch beim Roggen durch eine Kalidüngung in den meisten Fällen Mehrerträge erzielt, besonders natürlich auf den kaliärmeren Böden. So stellte Wagner[1]) z. B. folgende Mehrerträge fest:

Sandböden (4 Böden).

Durch Kalidüngung +5,3 dz Körner +9,3 dz Stroh pro Hektar

Lehmböden (2 Böden).

Durch Kalidüngung +1,1 dz Körner +2,0 dz Stroh pro Hektar.

Demnach waren auf den kaliärmeren Sandböden unter diesen Verhältnissen sehr hohe Mehrerträge durch die Kalidüngung erzielt worden, während auf den kalireichen Lehmböden die Mehrerträge nur sehr gering waren.

Derartige Reaktionen sind aber nicht zu erwarten auf Schlägen mit Stallmistfruchtfolge oder auf solchen, welche regelmäßig Düngungen mit Kalisalzen erhalten haben. Hier wird meistens auf Jahre hinaus das Kalibedürfnis des Roggens noch gedeckt durch die Nachwirkung des Stalldüngers und der Kali-

[1]) Arbeiten der D. L.-G. Heft 96.

salze. Bei den statischen Versuchen der Versuchswirtschaft Groß-Lübars zeigt bis jetzt der Roggen noch keine Kalireaktion, was nur darauf zurückzuführen ist, daß das Feld vor der Übernahme reichliche Kalidüngungen erhalten hatte. Baut man auf dem Sandboden Roggen nach Roggen an, oder Roggen nach einer anderen Halmfrucht ohne Verwendung von Stalldünger, also in reiner Mineraldüngung oder Gründüngung, so wird man dem Roggen eine Kalidüngung zu geben haben, wenn auch nicht in jedem Jahr. Auch kann man die Kalisalze zu Roggen da geben, wo auf den Roggen Gründüngung folgt. Kommt die Kalidüngung dem Roggen nicht zugute, so kommt sie der Gründüngung oder der Nachfrucht zugute. Auf besseren und schwereren Böden ist eine direkte Kalidüngung für den Roggen niemals notwendig; man wird hier in Anbetracht dessen, als man die Schläge nicht in jedem Jahre mit Kalisalzen düngt, die letzteren zweckmäßiger kalibedürftigeren Pflanzen geben.

Was die Form der Kalidüngung betrifft, so ist der Roggen für den Kainit mindestens ebenso dankbar, wie für das 40prozent. Kalisalz. Bei vergleichenden Versuchen stellte Wagner[1]) folgende Mehrerträge fest:

Durchschnitt von 6 Versuchen.

Durch 40prozent. Kalisalz + 3,3 dz Körner pro Hektar + 6,4 dz Stroh pro Hektar
Durch Kainit . . . . + 4,5 „ „ „ „ + 7,3 „ „ „ „

Es liegt also durchaus keine Veranlassung vor, vom Kainit als Roggendünger abzugehen und zum 40prozent. Kalisalz zu greifen, zumal eine Kalidüngung, wie wir sahen, für den Roggen nur auf Sandböden in Frage kommt. Die Kalisalze zu Roggen kann man im Herbst geben oder aber auch als Kopfdünger im Winter oder zeitigem Frühjahr vor Beginn der Vegetation.

Im Bedarfsfalle gebe man dem Roggen 4—5 dz Kainit auf 1 ha (2 bis $2^1/_2$ Ztr. auf 1 Morgen) oder $1^1/_2$—2 dz 40prozent. Kalisalz auf 1 ha ($^3/_4$—1 Ztr. auf 1 Morgen).

Beispiel für die Düngung des Roggens.

Bessere und schwere Böden.

Roggen ohne Stalldünger (reine Mineraldüngung).

Herbstdüngung	Frühjahrsdüngung
2—3 dz Superphosphat, 1 dz schwefelsaures Ammoniak.[2])	$^2/_3$—$1^1/_2$ dz Salpeter, je nach Stand, Vorfrucht und Düngung der Vorfrucht.

Roggen in Stalldünger (160—200 dz).

1—$1^1/_2$ dz Superphosphat (nur phosphorsäurebedürftigeren Böden).	$^2/_3$—1 dz Salpeter.

[1]) Arbeiten der D. L.-G. Heft 96.

[2]) Nach mit Stallmist gedüngten Vorfrüchten keinen Stickstoff oder weniger.

Leichte Böden.

Roggen ohne Stalldünger (reine Mineraldüngung).

4 dz Kainit (wenn Vorfrucht ohne Stallmist- oder ohne Kalidüngung), 2—3 dz Thomasmehl, ½ dz schwefelsaures Ammoniak.	1½—4 dz Salpeter, je nach der Produktionsfähigkeit der Böden. Höhere Salpetergaben in 2 Gaben, erste Gabe sehr zeitig.

(Nach Kartoffeln keinen Stickstoff im Herbst.)

Roggen in Stalldünger (160—200 dz).

1—2 dz Thomasmehl (nur phosphorsäurebedürftigeren Böden).	1—2 dz Salpeter, je nach der Produktionsfähigkeit der Böden und Höhe der Stallmistdüngung.

Für Ammoniak kann auch Kalkstickstoff angewendet werden.

Die hohen Salpetergaben sind für die feuchten Sandböden und für gewisse lehmige Sandböden mit hoher Produktionsfähigkeit vorgesehen, die niedrigeren für die trocknen Sandböden. Eine Gründüngung ist für Roggen nicht vorgesehen, da dieselbe für ihn nicht zu empfehlen ist.

Der Weizen.

Der Weizen stellt bekanntlich weit größere Ansprüche an den Boden und das Klima wie der Roggen. Er gedeiht so recht nur auf den besseren Böden und wintert weit leichter aus als der Roggen. Die Sortenfrage spielt bei ihm eine ganz besondere Rolle und schon der häufige Wechsel der Sorten, welchen die Landwirte vornehmen, spricht dafür, daß sie sich schwer für den dauernden Anbau einer bestimmten Sorte entscheiden können. Fest steht, daß die Square head-Sorten und die ihnen nahestehenden Züchtungen auf den besseren und schweren Böden mit günstigen klimatischen Verhältnissen die höchsten Erträge liefern, weshalb man bei ihrem Anbau auf diesen Böden verbleiben soll, wenn sie auch mal auswintern. Für die mehr leichteren Böden und für Böden mit weniger günstigen klimatischen Verhältnissen kommen die weniger anspruchsvollen Kreuzungen von Square head-Sorten mit anderen Sorten und die Landweizen in Frage. Die letzteren sind auch relativ am winterfestesten. Sehr zu beachten sind die besseren Sommerweizensorten, die auch jetzt in stärkerem Maße auf besseren Böden zum Anbau kommen. Sie liefern in günstigen Jahren Erträge, die den mit den Square head-Sorten erzielten wenig nachstehen und sind dabei protein- und kleberreicher als die letzteren. Was den Protein- und Klebergehalt der Weizen im allgemeinen betrifft, so ist derselbe bei den verschiedenen Sorten ein verschiedener. Es wurden z. B. bei Versuchen der Versuchswirtschaft Lauchstädt folgende Zusammensetzungen der Weizen ermittelt:

	Durchschnitt von 3 Jahren		
	Körner	Mehl	
	Protein %	Protein %	Kleber %
Square head-Sorten	11,07	8,88	6,90
Kreuzungen	11,25	9,35	7,31
Landweizensorten	12,14	9,70	7,66
Sommerweizensorten	12,55	11,15	9,27
Ausländische Sorten (Ungarische und Amerikanische)	12,95	11,51	9,40

Den niedrigsten Protein- und Klebergehalt zeigen demnach die Square head-Sorten, den höchsten die ausländischen Weizensorten und der Sommerweizen, welch letzterer den ausländischen, wie die Zahlen zeigen, fast gleich kommt.

Die Düngung des Weizens.

Hohe Weizenernten erfordern hohe Mengen von Nährstoffen, speziell auch an Stickstoff. Es ist aber beim Weizen zu bedenken, daß derselbe vorzugsweise auf den besseren nährstoffreicheren Böden angebaut wird und daß er hier auch meistens auf in Stalldünger gebaute Wurzelfrüchte folgt, so daß sein Nährstoffbedürfnis zum großen Teil durch die Bodennährstoffe und durch die Düngung der Vorfrucht gedeckt wird.

Die Stallmist- und Gründüngung. Der Weizen ist ganz dankbar für eine Stallmistdüngung, aber nicht in dem Maße wie die Wurzelfrüchte (Rüben und Kartoffeln), so daß man diese in erster Linie mit Stallmist versorgen soll. Baut man den Weizen in Stalldünger, so gebe man ihm möglichst nicht mehr als 200 dz pro Hektar (100 Ztr. pro Morgen), da höhere Stallmistgaben von ihm nicht in entsprechender Weise ausgenutzt werden. Eine Gründüngung kommt für den Weizen nicht in Frage.

Die Stickstoffdüngung. Die Höhe der Stickstoffdüngung hat sich, wenn vom Boden abgesehen wird, nach der Stallmistdüngung und besonders auch nach der Vorfrucht zu richten. Steht der Weizen direkt in Stalldünger, so hat er entweder keine weitere Stickstoffdüngung notwendig, oder nur eine geringe. Steht er in zweiter Tracht, d. h. also nach in Stalldünger gebauten Früchten, so hat man die Stickstoffdüngung wieder geringer zu bemessen, als wenn er in dritter Tracht steht. Es zeigen dies wieder in deutlicher Weise die statischen Versuche der Versuchswirtschaft Lauchstädt. Bei den früheren statischen Versuchen wurden folgende Mehrerträge festgestellt:

Lößlehmboden.

Durchschnitt von 4 Jahren.

	Vorfrucht: Kartoffeln ohne Stalldünger	
	Körner pro ha dz	Stroh pro ha dz
40 kg Stickstoff[1])	40,50	65,24
Ohne Stickstoff	30,75	52,00
Durch Stickstoffdüngung	+9,75	+13,24

[1]) 1/2 Ammoniak, 1/2 Salpeter.

	Körner pro ha dz	Stroh pro ha dz
Vorfrucht: Kartoffeln, 300 dz Hofdünger		
40 kg Stickstoff	40,13	66,25
Ohne Stickstoff	34,91	54,76
Durch Stickstoffdüngung	+5,22	+11,49
Vorfrucht: Kartoffeln, 300 dz Tiefstalldünger		
40 kg Stickstoff	43,62	71,79
Ohne Stickstoff	39,25	65,07
Durch Stickstoffdüngung	+4,37	+6,72

Wir sehen also, daß die Stickstoffdüngung einen weit größeren Effekt da hervorrief, wo die Vorfrucht keinen Stalldünger erhalten hatte.

Es wurden erzeugt:

	Körner pro ha dz	Stroh pro ha dz
Durch Stickstoff, Vorfrucht ohne Stalldünger	+9,75	+13,24
„ „ „ Hofdünger	+5,22	+11,49
„ „ „ Tiefstalldünger	+4,37	+ 6,72

Da wo die Vorfrucht keinen Stalldünger erhielt, hatte die Stickstoffdüngung ihre Schuldigkeit getan. Es wurden hier durch 40 kg Stickstoff 9,75 dz Körner, demnach durch 1 dz Salpeter mit 15,5 kg Stickstoff 3,8 dz Körner erzeugt, ein Mehrertrag, den man bei günstigen Witterungsverhältnissen von 1 dz Salpeter erwarten darf. Weit geringer war nun die Leistung des Salpeters da, wo der Weizen nach in Stalldünger gebauten Kartoffeln stand. Hier wurden durch 1 dz Salpeter nur 2,0 dz (Vorfrucht: Hofdünger) bezw. nur 1,7 dz Körner (Vorfrucht: Tiefstalldünger) erzeugt, Mehrernten, welche schon $^1/_2$ dz Salpeter zu erzeugen vermag. Dieses Ergebnis ist auch nicht überraschend, denn durch die Nachwirkung des Hofdüngers waren bereits 4,16 dz Körner, durch die Nachwirkung des Tiefstalldüngers sogar schon 8,50 dz Körner erzeugt worden. 20 kg Stickstoff auf 1 ha (10 Pfd. pro Morgen) hätten für den Weizen, welcher nach in Stalldünger gebauten Kartoffeln zu stehen kam, zur Erzielung von Höchsternten genügt, während da, wo die Vorfrucht nicht in Stalldünger stand, die doppelte Menge Stickstoff sich gut bezahlt machte. Bei den späteren statischen Versuchen der Versuchswirtschaft Lauchstädt wurden folgende Mehrernten pro Hektar festgestellt:

Durchschnitt von 7 Jahren.

	Körner pro ha dz	Stroh pro ha dz
Durch Stickstoff, Vorfrucht ohne Stalldünger	+5,10	+16,19
Durch Stickstoff, Vorfrucht mit Stalldünger	+2,43	+15,69

Bei diesen Versuchen war die Stickstoffreaktion geringer. Dies lag an den niedrigen Kartoffelernten, welche den Boden in einem viel besseren Nährstoffzustand hinterlassen hatten. Aus diesen Versuchsergebnissen geht unzweifelhaft hervor, daß der Weizen in zweiter Tracht einen geringeren Zuschuß von Stickstoff notwendig hat als der Weizen in dritter Tracht oder späterer Tracht.

Daß die Vorfrucht des Weizens bei seiner Stickstoffdüngung ganz besonders berücksichtigt werden muß, zeigen Lauchstädter Versuche, bei welchen einerseits ungedüngter Weizen auf ungedüngte Kartoffeln, andererseits ungedüngter Weizen auf ungedüngte Rüben folgte. Es betrugen die Ernten:

	Körner pro ha	Stroh pro ha	In der Ernte Stickstoff pro ha
	dz	dz	kg
Vorfrucht: Rüben ungedüngt	25,85	36,70	47,50
Vorfrucht: Kartoffeln ungedüngt	35,16	53,42	72,46

Demnach wurden beim Weizen nach Kartoffeln 9,3 dz Körner und 16,7 dz Stroh mehr geerntet als beim Weizen nach Rüben. Die aufgenommenen Stickstoffmengen zeigen, daß der Kartoffelacker dem Weizen weit mehr Stickstoff geliefert hatte, als der Rübenacker, 25 kg Stickstoff mehr. Es gebraucht also der nach Kartoffeln angebaute Weizen eine weit geringere Stickstoffdüngung als der nach Rüben angebaute. Auch wenn Weizen auf Weizen oder auf anderes Getreide folgt, muß die Stickstoffdüngung für ihn weit höher bemessen werden, als wenn er auf Kartoffeln folgt. Gebraucht der Weizen nach ungedüngten Kartoffeln im allgemeinen nur 2—3 dz Salpeter pro Hektar (1—1½ Ztr. pro Morgen), so hat er nach ungedüngten Rüben oder Getreide 3—4 dz Salpeter (1½ bis 2 Ztr. pro Morgen) nötig. Nach in Stalldünger gebauten Vorfrüchten sind diese Mengen in entsprechender Weise zu verringern.

Die Stickstoffdüngung steigert nicht nur die Ernten, sondern auch in der Regel den prozentischen Protein- und Klebergehalt der Körner, wie folgendes Beispiel aus der Lauchstädter Versuchstätigkeit zeigen möge:

	1904			1905			1906		
	Körner Protein	Mehl		Körner Protein	Mehl		Körner Protein	Mehl	
		Protein	Kleber		Protein	Kleber		Protein	Kleber
	%	%	%	%	%	%	%	%	%
Parzellen, ohne Stickstoffdüngung	7,88	6,63	4,56	11,56	8,81	7,50	10,44	8,69	6,88
Parzellen, 40 kg Stickstoff (½ Ammoniak, ½ Salpeter)	—	—	—	13,50	11,25	9,50	11,94	9,69	8,06
Parzellen, Vorfrucht Stalldünger	—	—	—	11,56	8,94	7,31	10,56	9,00	7,19
Parzellen, Vorfrucht Stalldünger + 40 kg Stickstoff (½ Ammoniak, ½ Salpeter)	10,06	8,00	6,13	13,31	10,25	8,44	11,88	10,19	8,31

Es hatte demnach die Stickstoffdüngung den Proteingehalt und den Klebergehalt des Weizens in nennenswerter Weise erhöht.

Die Müller behaupten häufig, daß die jetzigen hohen Stickstoffdüngungen, speziell die Salpeterdüngungen, die Backfähigkeit des Weizens beeinträchtigen. Backversuche, welche der Verfasser und D. Meyer anstellten, zeigten, daß ein mit reichlichen Stickstoffmengen gedüngter Weizen mal eine bessere, mal eine schlechtere Backfähigkeit zeigen kann. Es zeigen dies die folgenden Beispiele:

		100 g Mehl lieferten ccm Gebäck	
1904:	Ohne Stickstoffdüngung . . .	412,1	Gebäck mäßig
1904:	Starke Stickstoffdüngung . . .	469,3	Gebäck gut
1905:	Ohne Stickstoffdüngung . . .	440,8	Gebäck nicht genügend
1905:	Starke Stickstoffdüngung . . .	516,7	Gebäck sehr gut
1906:	Ohne Stickstoffdüngung . . .	488,8	Gebäck gut
1906:	Starke Stickstoffdüngung . . .	419,5	Gebäck mäßig

Es hatte also die intensive Stickstoffdüngung in den Jahern 1904 und 1905 die Qualität des Weizens außerordentlich günstig beeinflußt, während im Jahre 1906 die umgekehrte Erscheinung zu verzeichnen ist. Da die Jahre 1904 und 1905 sehr trocken waren, das Jahr 1906 naß, so liegt es nahe, den Einfluß der Stickstoffdüngung auf die Qualität des Weizens mit den Niederschlägen in Verbindung zu bringen. Bei mehr trockner Witterung scheint die Stickstoffdüngung einen sehr günstigen Einfluß auf die Qualität des Weizens auszuüben; bei zu nasser Witterung scheint sich das Gegenteil bemerkbar zu machen. Jedenfalls trifft die Ansicht der Müller in bezug auf die Düngung des Weizens nicht zu. Es kann mal die Düngung einen schädigenden Einfluß auf die Backfähigkeit ausüben, es kann aber auch das Umgekehrte eintreten. Zeigt einmal infolge einer starken Stickstoffdüngung ein Weizen zunächst eine schlechte Backfähigkeit, so kann, wie Versuche vom Verfasser und D. Meyer zeigten, durch längeres Lagern auch bei ihm ein gut backfähiges Mehl erhalten werden.

Was die Zeit und Form der Stickstoffdüngung betrifft, so zeigt auch beim Weizen eine Frühjahrs-Kopfdüngung in Form von Salpeter im allgemeinen die höchste Wirkung. In Lagen, wo der Weizen leicht befällt, muß man jedoch von der Salpeterdüngung im Frühjahr oder von höheren Salpetergaben im Frühjahr absehen, da durch die letzteren das Befallen des Weizens noch begünstigt wird. In solchen Fällen muß man zur Ammoniak-Herbstdüngung greifen, welche aber nur für bessere und schwere Böden in Frage kommt. Auf dem Lößlehmboden der Versuchswirtschaft Lauchstädt wurden in drei normalen Jahren folgende Mehrerträge festgestellt:

Lößlehmboden.

	Salpeter Frühjahr Körner pro ha dz	Ammoniak Herbst Körner pro ha dz	Kalkstickstoff Herbst Körner pro ha dz
1906: durch 30 kg Stickstoff . .	+ 10,75	+ 8,97	+ 8,59
1907: „ 30 „ „ . .	+ 8,03	+ 7,07	+ 6,18
1908: „ 30 „ „ . .	+ 8,74	+ 9,75	+ 9,12
Durchschnitt	+ 9,17	+ 8,60	+ 7,96

In zwei Jahren hatte demnach die Salpeter-Frühjahrsdüngung etwas besser, in einem Jahre die Ammoniak-Herbstdüngung etwas besser abgeschnitten. Im Durchschnitt der drei Jahre waren nennenswerte Unterschiede in ihrer Wirkung nicht vorhanden, so daß man also auf besseren Böden in Lagen, wo der Weizen leicht befällt, eine höhere Ammoniakdüngung im Herbst (1—2 dz schwefelsaures Ammoniak pro Hektar, ½—1 Ztr. pro Morgen) vornehmen kann, ohne nennenswerte Stickstoffverluste durch Auswaschen befürchten zu müssen. Auch der billigere Kalkstickstoff kann, wie die obigen Zahlen zeigen, mit Erfolg als Herbstdünger für den Weizen zur Anwendung kommen. Auf leichten Böden dürfen aber nur geringe Stickstoffgaben im Herbst angewendet werden, da hier, wie wir sahen, große Stickstoffverluste durch Auswaschen stattfinden (s. S. 271).

Die Phosphorsäuredüngung. Das Phosphorsäurebedürfnis des Weizens ist nicht größer als das des Roggens. Vom Boden abgesehen, hat sich die Höhe der Phosphorsäuredüngung auch beim Weizen nach der Stallmistdüngung zu richten. Steht der Weizen direkt in Stalldünger, so hat er im allgemeinen eine besondere Phosphorsäuredüngung nicht nötig und auch in zweiter Tracht macht sich die Phosphorsäurewirkung des Stalldüngers noch stark bemerkbar. Es wurden bei den statischen Versuchen der Versuchswirtschaft Lauchstädt folgende Mehrerträge pro Hektar festgestellt:

Lößlehmboden.
Durchschnitt von 7 Jahren.

	Körner pro ha dz	Stroh pro ha dz
Durch Phosphorsäure, Vorfrucht Kartoffeln ohne Stalldünger	+ 2,65	+ 6,24
Durch Phosphorsäure, Vorfrucht Kartoffeln mit Stalldünger	+ 0,33	+ 5,03

Demnach hatte die Phosphorsäuredüngung da, wo die Vorfrucht Stalldünger erhalten hatte, nur eine ganz geringe Wirkung gezeigt, so daß sie da, wo der Weizen auf in Stalldünger gebaute Früchte folgt, niedriger bemessen werden kann, als da, wo die Vorfrucht nicht in Stalldünger stand.

Auf besseren Böden gebe man dem Weizen die Phosphorsäure in Form von Superphosphat bezw. als Ammoniak-Superphosphat, während man dieselbe auf geringeren Weizenböden (sandigen Lehmböden und feuchten Sandböden) mit Vorteil in Form von Thomasmehl gibt.

Für die meisten Verhältnisse sind Gaben von 30—50 kg Phosphorsäure pro Hektar (15—25 Pfd. pro Morgen) als ausreichend anzusehen.

Die Kalidüngung. Der Weizen gebraucht für seine Ernährung nennenswerte Mengen von Kali und eignet sich das Bodenkali ziemlich schwer an. Steht er in Stalldünger, so wird sein Kalidüngebedürfnis durch den letzteren gedeckt. Auch die Kali-Nachwirkung des zur Vorfrucht gegebenen Stalldüngers reicht auf kalireicheren Böden für ihn meist aus, vorausgesetzt, daß es sich um guten Stalldünger, um einen solchen, in welchem die Jauche erhalten worden ist, handelt. Bei den statischen Versuchen der Versuchswirtschaft Lauchstädt wurden folgende Mehrerträge pro Hektar festgestellt:

Lößlehmboden.
Durchschnitt von 7 Jahren.

	Körner pro ha dz	Stroh pro ha dz
Durch Kali, Vorfrucht Kartoffeln ohne Stalldünger . . .	+ 4,94	+ 6,55
Durch Kali, Vorfrucht Kartoffeln mit Stalldünger . . .	— 0,88	+ 3,62

Die Kaliwirkung des zur Vorfrucht gegebenen Stalldüngers hatte also auch für den Weizen noch ausgereicht, während da, wo die Vorfrucht keinen Stalldünger erhielt, die hohe Mehrernte von rund 5 dz Körner durch die Kalidüngung erzielt wurde. Bei anderen Versuchen der Versuchswirtschaft Lauchstädt wurden folgende Mehrerträge pro Hektar festgestellt:

	Körner pro ha dz	Stroh pro ha dz
Durch Kali, Vorfrucht Zuckerrüben in Gründüngung ohne Stalldünger	+ 2,16	+ 5,63
Durch Kali, Vorfrucht Gerste ohne Stalldünger . .	+ 6,57	+ 3,85

Also auch hier waren nennenswerte Mehrerträge durch die Kalidüngung erzielt worden. Selbst bei 2 Versuchen von Wagner, bei welchen auf sehr kalireichen Böden (0,476 und 0,543 % Kali) verhältnismäßig niedrige Weizenerträge gewonnen wurden, brachte die Kalidüngung noch nennenswerte Mehrerträge, wo man doch annehmen sollte, daß das Kalidüngebedürfnis solcher Ernten schon durch das in reichlicher Menge vorhandene Bodenkali gedeckt wird. Es ist demnach anzunehmen, daß der Weizen nicht nur auf den kaliärmeren, sondern auch auf den meisten kalireicheren Böden immer eine Kalidüngung lohnt, wenn er nicht in Stalldünger steht und die Vorfrucht keinen Stalldünger erhielt. Auch da, wo die Vorfrucht einen minderwertigen Stalldünger erhielt, was in der Praxis häufig der Fall ist, wird eine Kalidüngung bei ihm meistens angebracht sein.

Was die Form der Kalisalze betrifft, so hat der Verfasser mit D. Meyer und F. Münter mehrjährige vergleichende Versuche mit Kainit und 40prozent. Kalisalz beim Weizen angestellt und hierbei folgende Mehrerträge pro Hektar festgestellt:

Lößlehmboden.
Durchschnitt von 5 Jahren.

	Körner pro ha dz	Stroh pro ha dz
Durch Kainit	+ 2,74	+ 2,05
Durch 40prozent. Kalisalz . . .	+ 2,75	+ 2,83

Bei diesen Versuchen hatte also Kainit und 40prozent. Kalisalz die gleiche Wirkung gezeigt. Nach Versuchen von Wagner hat der Kainit beim Weizen besser abgeschnitten als das 40prozent. Kalisalz. Es liegt also keine Veranlassung vor, beim Weizen vom Kainit abzugehen und zum 40prozent. Kalisalz zu greifen, es müßte sich dann um besonders schwere Böden handeln, welche leicht verkrusten.

Was die Zeit der Anwendung der Kalisalze betrifft, so hat der Verfasser in Gemeinschaft mit D. Meyer und F. Münter bei mehrjährigen vergleichenden Versuchen über die Wirkung der Herbst- und Frühjahrsdüngung folgende Mehrerträge pro Hektar festgestellt:

Lößlehmboden.

	Körner pro ha dz	Stroh pro ha dz
Durch Kalidüngung, Herbst . .	+ 2,81	+ 2,85
Durch Kalidüngung, Frühjahr .	+ 2,31	+ 1,61

Es waren demnach nennenswerte Unterschiede in der Wirkung der Herbst- und Frühjahrsdüngung nicht vorhanden, so daß man dem Weizen die Kalisalze zweckmäßig gleich vor der Bestellung im Herbst gibt.

So leichte Böden, daß ein Auswaschen der im Herbst gegebenen Kalisalze zu befürchten ist, kommen für den Weizen nicht in Frage.

Im Bedarfsfalle gebe man dem Weizen 4—5 dz Kainit pro Hektar (2—2¼ Ztr. pro Morgen) oder 1½—2 dz 40prozent. Kalisalz (¾—1 Ztr. pro Morgen).

Beispiel für die Düngung des Weizens.

Bessere Weizenböden.

Weizen ohne Stalldünger (reine Mineraldüngung).

Herbstdüngung	Frühjahrsdüngung
4 dz Kainit oder 1½—2 dz 40prozent. Kalisalz (wenn Vorfrucht keinen Stalldünger oder keine stärkere Kalidüngung).	0—1 dz Salpeter, wenn Vorfrucht Kartoffeln oder Leguminosen.
1—1½ dz schwefelsaures Ammoniak.	1—2 dz Salpeter, wenn Vorfrucht Rüben oder Getreide.

Weizen in Stalldünger (160—200 dz).

1—2 dz Superphosphat (nur phosphorsäurebedürftigeren Böden).	1—2 dz Salpeter.

Geringere Weizenböden.

(Sandige Lehmböden, feuchte Sandböden).

Weizen ohne Stalldünger (reine Mineraldüngung).

4 dz Kainit,	
2—3 dz Thomasmehl.	
Keinen Stickstoff nach Kartoffeln und Leguminosen.	2—3 dz Salpeter nach Kartoffeln und Leguminosen.
0—½ dz schwefelsaures Ammoniak nach Rüben und Getreide.	2—4 dz Salpeter nach Rüben und Getreide.

Weizen in Stalldünger (160—200 dz).

Herbstdüngung	Frühjahrsdüngung
1—2 dz Thomasmehl (nur phosphorsäurebedürftigeren Böden).	2—3 dz Salpeter.

Für Ammoniak kann auch Kalkstickstoff angewendet werden.

Die Höhe der Salpeter-Frühjahrsdüngungen ist vom Boden und speziell der Düngung der Vorfrucht abhängig zu machen. Für den Weizen, welcher auf in Stalldünger angebaute Früchte folgt, gelten die niedrigen Salpetergaben; für den Weizen, welcher auf nicht in Stalldünger angebaute Früchte folgt, die höheren Salpetergaben. Da, wo der Weizen besonders leicht befällt, gibt man oft zweckmäßig auf den besseren Böden die ganze Stickstoffgabe als Ammoniak im Herbst.

Der Hafer.

Von allen Halmfrüchten stellt der Hafer bekanntlich die größten Ansprüche an den Wasservorrat des Bodens (s. S. 35 u. 37). Hohe Haserernten werden nur gemacht auf feuchten Böden bezw. in Jahren mit reichlichen Niederschlägen, während auf trocknen Böden und in trocknen Jahren von allen Halmfrüchten der Hafer am leichtesten mißrät. Die verschiedenen Hafersorten stellen verschiedene Ansprüche an den Wasservorrat des Bodens, die einen höhere, die anderen geringere Ansprüche. So wurden z. B. in der Versuchswirtschaft Lauchstädt folgende Erträge pro Hektar festgestellt:

		Anspruchsvolle Sorte Körner pro ha dz	Weniger anspruchsvolle Sorte Körner pro ha dz
1910 / 1912	ausreichende Niederschläge . .	36,02 / 32,24	35,43 / 32,78
1911 / 1913	sehr trocken	22,51 / 16,04	27,00 / 22,20

Es hatten, wie die Zahlen zeigen, beide Sorten in den beiden Jahren mit ausreichenden Niederschlägen ungefähr die gleichen Erträge geliefert, während in den trocknen Jahren die anspruchslosere Sorte weit höhere Erträge lieferte, in dem einen Jahre 4½ dz, in dem anderen über 6 dz mehr, wie die anspruchsvolle. Für trockne Böden bezw. für Gegenden mit geringeren Niederschlägen kann daher nur eine weniger anspruchsvolle Hafersorte in Frage kommen, während für feuchte Böden bezw. Gegenden mit reichlichen Niederschlägen auch die anspruchsvollen Sorten in Betracht kommen, welch letztere hier häufig die weniger anspruchsvollen Sorten übertreffen.

Zu beachten ist bei dem Hafer auch der Spelzengehalt, welcher bei den verschiedenen Sorten ein verschiedener ist. Berechnet man die Ernten auf spelzenfreie Körner, so erhält man oft ein ganz anderes Bild von den Sorten, als wenn dieselben nach Roherträgen zusammengestellt werden. Es möge dies das folgende aus der Lauchstädter Versuchstätigkeit gewählte Beispiel zeigen:

	Körner pro ha dz	Spelzen %	Spelzenfreie Körner pro ha dz
Sorte A	42,82	29,0	30,40
„ B	41,59	30,8	28,78
„ C	39,68	27,4	28,81
„ D } feinschalig	39,64	25,8	29,41
„ E }	39,14	25,6	29,12

Gab die ertragreichste Sorte einen um 3,7 dz höheren Ertrag als die ertragärmste, so lieferte sie nur 1,3 dz spelzenfreie Körner mehr als die letztere, welche den niedrigsten Spelzengehalt aufwies. Die Sorte, welche im Ertrage an zweiter Stelle stand, lieferte sogar etwas weniger spelzenfreie Körner, als die, welche im Ertrage an letzter Stelle stand. Bringt man beim Hafer die minderwertigen Spelzen von der Ernte in Abzug, so zeigen sich zwischen den einzelnen Sorten nicht mehr die großen Unterschiede; die spelzenarmen, feinschaligen Hafersorten kommen den spelzenreicheren im Ertrage dann näher oder übertreffen sie. Es ist also bei den Hafersorten der Feinschaligkeit die nötige Beachtung zu schenken.

Die Düngung des Hafers.

Die Stallmist- und Gründüngung. Der Stalldünger wird vom Hafer ganz gut ausgenutzt. Er sollte aber immer nur dann Stalldünger erhalten, wenn zuvor die Wurzelfrüchte hiermit bedacht worden sind, die den Stalldünger noch besser verwerten. Baut man den Hafer in Stalldünger, so gebe man ihm nicht mehr als 160—200 dz pro Hektar (80—100 Ztr. pro Morgen). Die Gründüngung verwertet der Hafer von allen Halmfrüchten am besten. So stellte z. B. Baeßler folgende Mehrerträge fest:

Schwerer Lehmboden.

	Mehrerträge pro ha	
Durch Gründüngung (Wickengemenge) .	+ 11,0 dz Körner	+ 8,1 dz Stroh.

Das sind also außerordentlich hohe Mehrerträge. Hierbei ist aber zu bemerken, daß bei üppig geratener Gründüngung der Hafer leicht zum Lagern kommt, besonders wenn reichliche Niederschläge eintreten. Auf diese Weise kann natürlich der ganze Vorteil der Gründüngung verloren gehen. Um dem Lagern vorzubeugen, ist es notwendig, daß man ein kleines Aussaatquantum, 80—100 kg auf 1 ha (40—50 Pfd. pro Morgen) wählt.

In welch hohem Maße der Hafer auch andere grüne Pflanzensubstanz verwertet, zeigt ein in Lauchstädt ausgeführter Versuch mit untergepflügtem Rübenkraut. Es wurden bei diesem Versuch folgende Mehrerträge durch das Rübenkraut festgestellt:

Lößlehmboden.

	Mehrerträge pro ha	
Durch Rübenkraut	+ 7,55 dz Körner	+ 9,50 dz Stroh

Also auch das untergepflügte Rübenkraut hatte der Hafer ausgezeichnet verwertet.

Die Stickstoffdüngung. Die Höhe der Stickstoffdüngung hat sich beim Hafer, wie überall, nach dem Boden, nach der Vorfrucht und Düngung der Vorfrucht zu richten. Je nach den verschiedenen Verhältnissen kommen für den Hafer Gaben von 1—4 dz Salpeter pro Hektar (½—2 Ztr. pro Morgen) oder entsprechende Mengen von Ammoniak bezw. Kalkstickstoff in Frage. Höhere Gaben als 3 dz Salpeter pro Hektar sind nur ausnahmsweise am Platze. Bei höheren Stickstoffgaben ist, um Lager zu vermeiden und eine ordentliche Stickstoffausnutzung zu erzielen, immer ein schwaches Aussaatquantum, 80—100 kg pro Hektar (40—50 Pfd. pro Morgen), zu wählen. Die Stickstoffdüngung erhöht, wie bei allen Körnerfrüchten, den Proteingehalt der Körner, was auch beim Hafer natürlich erwünscht ist.

Was die Form der Stickstoffdüngung betrifft, so ist der Hafer sehr dankbar für eine Salpeterdüngung, nützt aber auch das Ammoniaksalz und den Kalkstickstoff gut aus. Sieht man die außerordentlich vielen Versuche durch, welche über die Wirkung der verschiedenen Stickstofformen angestellt wurden, so findet man, daß der Hafer diejenige Halmfrucht ist, welche den Ammoniakstickstoff von allen Halmfrüchten am besten ausnutzt (s. S. 93 u. 270).

Die Phosphorsäuredüngung. Von allen Halmfrüchten vermag der Hafer die Bodenphosphorsäure am besten auszunutzen, so daß er, wenn er in Stalldünger steht, oder auf Früchte folgt, welche eine Stallmistdüngung oder reichliche Gaben von Superphosphat bezw. Thomasmehl erhielten, eine Phosphorsäuredüngung nicht notwendig hat. Im Bedarfsfalle gebe man ihm auf besseren Böden 2 dz Superphosphat pro Hektar (1 Ztr. pro Morgen), auf leichteren Böden 2 dz Thomasmehl pro Hektar (1 Ztr. pro Morgen).

Die Kalidüngung. Auch für das Bodenkali besitzt der Hafer, wie Vegetations- und Feldversuche zeigten, ein hohes Aneignungsvermögen. Geht man die vielen Felddüngungsversuche durch, welche von den Versuchsstationen mit Unterstützung der Deutschen Landwirtschafts-Gesellschaft ausgeführt wurden, so sieht man, daß ab und zu ein Erfolg durch die Kalidüngung erzielt wurde; im Durchschnitt liegen aber die durch die Kalidüngung erzielten Mehrerträge nicht so hoch, daß man zu einer Kalidüngung beim Hafer allgemein raten könnte. Es ist der Hafer also wohl diejenige Halmfrucht, welche die Kalidüngung am wenigsten notwendig hat, so daß man bei ihm dieselbe auf kalireichen Böden ersparen kann und ihm auf kaliärmeren Böden nur in besonderen Fällen eine Kalidüngung zu geben hat.

Im Bedarfsfalle gebe man ihm 4—5 dz Kainit (2—2½ Ztr. pro Morgen) oder 1½—2 dz 40prozent. Kalisalz (¾—1 Ztr. pro Morgen).

Beispiel für die Düngung des Hafers.

Hafer ohne Stalldünger (reine Mineraldüngung).

2 dz Superphosphat oder Thomasmehl (nur phosphorsäurebedürftigeren Böden).

Außerdem Stickstoff:

II. Tracht: $1^1/_2$—3 dz Salpeter (für Salpeter auch Ammoniak oder Kalkstickstoff).

III. Tracht und folgende: 1 dz schwefelsaures Ammoniak (für Ammoniak auch Kalkstickstoff) + $1^1/_2$—$2^1/_2$ dz Salpeter.

Hafer in Stalldünger (160—200 dz).

1—2 dz Salpeter.

Hafer in Gründüngung.

2 dz Superphosphat oder Thomasmehl (nur phosphorsäurebedürftigeren Böden).

Keinen Stickstoff, wenn Gründüngung gut geraten.

Eine Kalidüngung gibt man meist zweckmäßiger den andern Früchten in der Fruchtfolge.

Die Gerste.

In den meisten Fällen bezweckt man bei dem Gerstenbau eine gute Braugerste zu erzeugen. Gute Braugerste, welche ein volles, stärkemehlreiches Korn aufweisen muß, stellt große Ansprüche an den Boden und an das Klima. Der beste Gerstenboden ist der milde humose Lehm- und Lößlehmboden. Nicht geeignet für die Erzeugung von guter Braugerste ist der trockene Sandboden. Hier erfolgt infolge Wassermangels eine schlechte Ausbildung des Kornes; es wird ein schmächtiges, stärkemehlarmes Korn erzeugt. Was das Klima betrifft, so verlangt edle Braugerste nach gleichmäßiger Wärme und genügender Feuchtigkeit. Die Jahreswitterung muß feucht, darf aber nicht zu naß sein. Die Reifezeit kann heiß, darf aber dabei nicht zu trocken sein, damit ein langsames Ausreifen der Körner erfolgen kann. Für die meisten Verhältnisse ist eine möglichst frühzeitige Bestellung zu empfehlen; man gewinnt bei frühzeitiger Bestellung eher ein volles Korn als bei später. Besonders wichtig ist, sich für seine Verhältnisse die richtige Sorte auszusuchen. Von den drei Gerstentypen, Landgersten, Chevaliergersten und Imperialgersten, kommen für die meisten deutschen Verhältnisse die Landgersten, zu welchen auch die Hanna gehört, in Frage. Die Chevaliergersten sind anspruchsvoller und weniger widerstandsfähig wie die Landgersten und liefern im Durchschnitt keine höheren Erträge und keine bessere Qualität als die Landgersten. Für gewisse Böden (Tonböden) und für bestimmte klimatische Verhältnisse kommen auch die Imperialgersten, von welchen die Goldthorpe entschieden die beste ist, in Frage. So werden z. B. in Schlesien mit der Goldthorpe sehr gute Erfolge erzielt.

Die Düngung der Gerste.

Die Stallmist- und Gründüngung. Beide kommen für die Gerste nicht in Frage.

Die Stickstoffdüngung. Die Höhe der Stickstoffdüngung ist, wenn vom Boden abgesehen wird, bei der Gerste ganz besonders von der Vorfrucht und der Düngung der Vorfrucht abhängig zu machen. Folgt die Gerste auf in Stalldünger gebaute Früchte, so ist die Stickstoffdüngung unter Umständen zu unterlassen oder weit geringer zu bemessen als da, wo sie auf nicht in Stalldünger gebaute Früchte folgt. Es zeigen dies wieder die statischen Versuche der Versuchswirtschaft Lauchstädt, bei welchen folgende Mehrernten pro Hektar festgestellt wurden:

Lößlehmboden.
Durchschnitt von 7 Jahren.

	Mehrerträge Körner pro ha dz	Stroh pro ha dz
Durch Stickstoff, Vorfrucht Zuckerrüben ohne Stalldünger	+ 8,23	+ 13,33
Durch Stickstoff, Vorfrucht Zuckerrüben in Stalldünger	+ 3,84	+ 6,95

Da, wo die Vorfrucht keinen Stalldünger erhielt, waren durch die Stickstoffdüngung 8,23 dz Körner, da, wo sie in Stalldünger stand, nur 3,84 dz Körner erzeugt worden. Im ersten Falle hatten sich 2 dz schwefelsaures Ammoniak pro Hektar (1 Ztr. pro Morgen), im letzteren Falle nur 1 dz schwefelsaures Ammoniak pro Hektar (½ Ztr. pro Morgen) bezahlt gemacht.

Wie sehr die Vorfrucht bei der Gerste zu berücksichtigen ist, zeigen Lauchstädter Versuche, bei welchen einerseits ungedüngte Gerste nach ungedüngten Rüben, andererseits ungedüngte Gerste nach ungedüngten Kartoffeln angebaut wurde. Es wurden bei diesen Versuchen folgende Erträge festgestellt:

	Körner pro ha dz	Stroh pro ha dz	In der Ernte Stickstoff kg
Vorfrucht Zuckerrüben ungedüngt	24,71	23,92	40,01
Vorfrucht Kartoffeln ungedüngt	34,10	32,07	54,19

Nach ungedüngten Kartoffeln waren demnach 9,4 dz Körner pro Hektar mehr geerntet worden, als nach ungedüngten Rüben, welch letztere den Boden weit mehr in Anspruch genommen hatten, als die anspruchsloseren Kartoffeln. Der Kartoffelacker hatte der Gerste 14,2 kg Stickstoff pro Hektar mehr geliefert als der Rübenacker. Man muß also einer nach Rüben folgenden Gerste eine weit höhere Stickstoffgabe zukommen lassen, als einer nach Kartoffeln folgenden Gerste, wo die Stickstoffdüngung, wenn die Kartoffeln in Stalldünger standen, meist ganz in Fortfall kommen muß.

Will man gute, eiweißarme Braugerste gewinnen, so ist die Stickstoffgabe niedrig zu bemessen. In welch hohem Maße eine intensive Stickstoffdüngung

die Qualität der Gerste verschlechtert, zeigen die Lauchstädter statischen Versuche, aus welchen ein Beispiel herausgegriffen werden möge:

Grunddüngung: Phosphorsäure + Kalk	Parzellen: Vorfrucht Rüben ohne Stalldünger		Parzellen: Vorfrucht Rüben in Stalldünger	
	Körner pro ha dz	Körner Protein %	Körner pro ha dz	Körner Protein %
Ohne Stickstoff	21,47	6,44	34,97	7,50
20 kg Stickstoff (1 dz schwefelsaures Ammoniak)	28,57	6,75	36,94	8,44
40 kg Stickstoff (1 dz schwefelsaures Ammoniak + 1⅛ dz Chilesalpeter)	34,57	8,00	36,96	10,38

Die niedrigste Ernte und der niedrigste Eiweißgehalt war selbstverständlich auf den Parzellen zu verzeichnen, die Jahre hindurch keinen Stalldünger und keinen Stickstoff erhalten hatten. So zu wirtschaften wäre natürlich ganz unrationell. Der sehr niedrige Eiweißgehalt von 6,44% und die damit verbundene gute Qualität der Gerste ist durch den außerordentlich großen Ernteausfall sehr teuer erkauft worden. Bei mäßiger Stickstoffdüngung, 20 kg auf 1 ha (½ Ztr. schwefelsaures Ammoniak pro Morgen), war auf diesen Parzellen, welche Jahre hindurch ohne Stalldünger bewirtschaftet waren, bei erheblich steigenden Ernten (von 21½ dz auf 28½ dz) der Eiweißgehalt nicht viel höher (6,75%), die Qualität beinahe ebenso gut. Auch die sehr hohe Stickstoffdüngung von 40 kg Stickstoff auf 1 ha hatte hier auf diesen stickstoffhungrigen Parzellen noch Körner mit einem niedrigen Eiweißgehalt (8%) erzeugt. Einen sehr nachteiligen Einfluß hatte dagegen diese hohe Stickstoffdüngung auf den Parzellen ausgeübt, auf welchen die Vorfrucht eine Stallmistdüngung erhalten hatte. Hier stieg der Eiweißgehalt auf 10,38%. Auf diesen Parzellen, wo der Stalldünger eine intensive Nachwirkung zeigte, war schon eine Gabe von 20 kg Stickstoff auf 1 ha (½ Ztr. schwefelsaures Ammoniak) etwas zu hoch. Hier wären 10 kg Stickstoff auf 1 ha (¼ Ztr. schwefelsaures Ammoniak pro Morgen) die richtige Gabe gewesen.

Einen außerordentlich günstigen Einfluß hatte der Stalldünger in seiner Nachwirkung ausgeübt. Es wurden geerntet:

	Körner pro ha dz	Körner Protein %
Parzellen ohne Stickstoff, Vorfrucht Stalldünger . .	34,97	7,50
Parzellen ohne Stickstoff, Vorfrucht ohne Stalldünger	21,47	6,44
Durch Nachwirkung des Stalldüngers	+13,50	+1,06

Durch die Nachwirkung des Stalldüngers wurden demnach 13½ dz Körner auf 1 ha (6¾ Ztr. pro Morgen) erzeugt, ohne daß die Qualität der Gerste in nennenswerter Weise verschlechtert worden war. Man lasse daher die Gerste so

weit wie möglich auf in Stalldünger angebaute Wurzelfrüchte folgen. Steht die Gerste nach in Stalldünger gebauten Kartoffeln, so gebe man ihr auf besserem Boden gar keinen Stickstoff, steht sie nach in Stalldünger gebauten Rüben, so ist eine Gabe von 10—20 kg Stickstoff pro ha am Platze. Für die Gerste in dritter und späterer Tracht können Gaben bis 40 kg Stickstoff pro ha am Platze sein.

Einen außerordentlich großen Einfluß auf den Proteingehalt der Gerste übt die Jahreswitterung aus. In günstigen Jahren mit hohen Erträgen zeigt die Gerste, wenn kein Lager eintritt, einen niedrigen, in ungünstigen, sehr trocknen Jahren einen hohen Proteingehalt. Ein Beispiel aus den Lauchstädter Versuchen:

Düngung	Günstiges Jahr mit hohen Erträgen		Sehr trocknes Jahr mit niedrigen Erträgen	
	Körner pro ha dz	Körner[1]) Protein %	Körner pro ha dz	Körner[1]) Protein %
40 kg Stickstoff + Phosphorsäure + Kali	39,03	10,05	28,35	12,36
40 kg Stickstoff + Phosphorsäure . . .	37,68	9,69	27,13	13,07
40 kg Stickstoff + Kali	36,70	9,98	26,75	13,29
40 kg Stickstoff allein	35,30	9,76	24,18	13,87
Phosphorsäure + Kali allein	30,68	7,73	25,53	9,83
Ohne jede Düngung	29,85	8,24	24,18	10,00

Aus diesen Zahlen sehen wir, daß in dem sehr trocknen Jahre, welches niedrige Körnererträge brachte, der Proteingehalt der Körner bei gleicher Düngung ein viel höherer war, als in dem Jahre, wo hohe Erträge gewonnen wurden. Bei voller Düngung lag der Proteingehalt der Körner in dem trocknen Jahre um 2,3%, bei den Düngungen mit Stickstoff und Phosphorsäure, Stickstoff und Kali und Stickstoff allein um 3—4% höher als bei denselben Düngungen in dem ertragreichen Jahre. Wie ist dies zu erklären? Die Gerste hatte in dem ertragarmen Jahre ungefähr die gleiche Stickstoffmenge aufgenommen als in dem ertragreichen, so daß auf hohe und niedrige Ernten die gleiche absolute Stickstoffmenge kommt. Infolgedessen muß der prozentische Stickstoffgehalt (Proteingehalt) einer geringeren Ernte höher sein als der einer hohen. Wir haben es hier mit einer Erscheinung zu tun, die sich auch bei anderen Kulturpflanzen zeigt. Je höher bei gleicher Stickstoffdüngung die Erträge sind, desto niedriger ist im allgemeinen der prozentische Proteingehalt, und je niedriger die Erträge, desto höher gestaltet sich der prozentische Proteingehalt. Die Kulturpflanzen nehmen in der ersten und mittleren Vegetationsperiode, vorausgesetzt, daß der Boden nicht allzu trocken ist, den Hauptteil ihres Stickstoffbedarfs auf; wird nun durch irgendwelche Störungen die Vegetation unterbrochen, z. B. infolge zu großer

[1]) Auf Trockensubstanz berechnet.

Trockenheit, so kann sich das Stärkemehl nicht in ausgiebiger Weise ausbilden, so daß nun infolge des Defizits von Stärkemehl die Körner einen hohen prozentischen Stickstoffgehalt (Proteingehalt) zeigen.

Aus diesen Betrachtungen sehen wir, daß die Jahreswitterung auf den Proteingehalt der Gerste einen großen Einfluß hat und eine Stickstoffdüngung in trocknen Jahren mit niedrigen Erträgen den prozentischen Proteingehalt besonders leicht erhöht. Die Jahreswitterung können wir nicht voraussehen und hiernach uns nicht mit der Stickstoffdüngung einrichten. Wohl können wir aber aus den obigen und anderen derartigen Versuchen folgern, daß man auf Böden, wo die Gerste höhere Erträge nicht liefert, mit der Stickstoffdüngung besonders vorsichtig sein muß, wenn man Qualitätsgerste erzeugen will. Werden in trocknen Jahren hohe Gerstenerträge gewonnen, wie dies auf fruchtbaren, feuchten Böden häufig der Fall ist, so kann hier die Qualität der Gerste eine gute sein. In diesem Falle verteilt sich ja auch die aufgenommene Stickstoffmenge auf eine hohe Ernte und damit ist der Proteingehalt der Gerste ein niedriger.

Was die Form der Stickstoffdüngung betrifft, so ist zur Erzeugung einer Qualitätsgerste der intensiv wirkende Salpeter für gewöhnlich nicht geeignet. Für diesen Zweck eignen sich mehr die weniger intensiv wirkenden Stickstofformen, wie das Ammoniaksalz, der Kalkstickstoff und der Peruguano. Zwar erzeugt der Salpeter oft einen etwas höheren Mehrertrag; der etwas geringere Ertrag, welcher durch die anderen Stickstofformen gewonnen wird, wird aber reichlich aufgehoben durch die durch diese erzielte bessere Qualität.

Es gab z. B. im Mittel mehrerer Versuche[1]) die Peruguanogerste mehr oder weniger als die Salpetergerste:

Körner pro ha dz	Protein %	Extrakt %
— 1,2	— 0,62	+ 4,31

Wie die Zahlen zeigen, erzeugte der Peruguano einen geringeren (um etwas über 1 dz geringeren) Mehrertrag, als der Salpeter. Dagegen war die Peruguanogerste in ihrer Qualität erheblich besser; ihr Proteingehalt war um 0,62% niedriger, ihr Extraktgehalt um 4,31% höher als der der Salpetergerste. Dementsprechend zeigte auch die Guanogerste viel mehr mehlige Körner als die Salpetergerste. Zahlreiche vergleichende Versuche, welche einerseits mit Ammoniak und Peruguano, andererseits mit Salpeter und Ammoniak angestellt wurden, zeigten dann, daß sich mit Ammoniak bei ausreichenden Mengen von Kali ungefähr eine gleich gute Qualität wie mit dem Peruguano und etwas höhere Erträge als mit dem letzteren erzielen lassen, so daß die Düngung der Gerste mit dem billigeren Ammoniaksalz rentabler sein dürfte als die Düngung mit dem teuren Peruguano. Auch der weniger intensiv wirkende Kalkstickstoff kann für die Gerste empfohlen werden.

---

[1]) Maercker, II. und III. Bericht der Versuchswirtschaft Lauchstädt. Landw. Jahrbücher 1899. Berlin, Verlag von Paul Parey.

Eine mäßige Düngung der Gerste mit Salpeter soll nicht unter allen Umständen verworfen werden. Sie kann am Platze sein, wenn es darauf ankommt, schwache Gerste schnell zu kräftigen, oder auch wohl hier und da in Verbindung mit Ammoniak oder Peruguano auf Schlägen zur Anwendung kommen, welche Jahre hindurch nicht mit Stallmist oder Gründüngung gedüngt wurden. Als Normaldüngung für die Gerste soll aber der Salpeter nicht angesehen werden.

Je nach Vorfrucht und Düngung der Vorfrucht kommen für die Gerste $^1/_2$—2 dz schwefelsaures Ammoniak bezw. entsprechende Mengen von Kalkstickstoff oder Peruguano in Frage.

Die Phosphorsäuredüngung. Die Gerste vermag sich die Bodenphosphorsäure ziemlich schwer anzueignen und bedarf daher in den meisten Fällen der Phosphorsäuredüngung. Die Höhe der Phosphorsäuredüngung ist, vom Boden abgesehen, von der Düngung der Vorfrucht abhängig zu machen. Es betrugen bei den statischen Versuchen der Versuchswirtschaft Lauchstädt die Mehrerträge:

Lößlehmboden.
Durchschnitt von 7 Jahren.

	Körner pro ha dz	Stroh pro ha dz
Durch Phosphorsäure, Vorfrucht Zuckerrüben ohne Stalldünger	+2,78	+4,33
Durch Phosphorsäure, Vorfrucht Zuckerrüben in Stalldünger ..	+1,20	+3,25

Durch die Phosphorsäuregabe wurden also da, wo die Vorfrucht keinen Stalldünger erhielt, 2,78 dz Körner auf 1 ha, da, wo sie Stalldünger erhielt, nur 1,20 dz Körner erzeugt. Die Phosphorsäuredüngung kann also auch bei der Gerste, wenn sie auf in Stallmist gebaute Früchte folgt, niedriger bemessen werden, als da, wo die Vorfrucht keinen Stalldünger erhielt.

Was die Form der Phosphorsäuredüngung betrifft, so dürfte für die Gerste in den meisten Fällen das Superphosphat dem Thomasmehl vorzuziehen sein. Nur in solchen Lagen und auf solchen Böden, wo die Gerste zu schnell reift, ist das Thomasmehl, welches weniger reifebeschleunigend wirkt, dem Superphosphot vorzuziehen.

Was die Höhe der Phosphorsäuredüngung betrifft, so reichen für die meisten Verhältnisse 2—3 dz Superphosphat bezw. 2—3 dz Thomasmehl pro Hektar aus.

Die Kalidüngung. Auch das Kali vermag sich die Gerste ziemlich schwer anzueignen, so daß sie nicht nur auf kaliärmeren Böden, sondern auch auf kalireicheren Böden eine Kalidüngung notwendig hat, wenn ihr Kalibedürfnis nicht durch die Nachwirkung des zur Vorfrucht gegebenen Stalldüngers gedeckt wird. So wurden bei den Felddüngungsversuchen, welche die landwirtschaftlichen Versuchsstationen mit Unterstützung der Deutschen Landwirtschafts-Gesellschaft ausführten, folgende durchschnittliche Mehrerträge auf 1 ha festgestellt:

	Körner pro ha dz	Stroh pro ha dz
Versuchsstation Köslin (humoser lehmiger Sand) . . .	+ 4,8	+ 6,2
„ Jena (Sandboden)	+ 3,5	+ 2,6
„ Jena (schwerer Lehmboden)	kein Mehrertrag	
„ Kaiserslautern (sandiger Lehmboden) . .	+ 4,4	+ 5,3
„ Kaiserslautern (kaliarmer Lehmboden) . .	+ 3,7	+ 5,4
„ Kiel (Lehmboden III.—IV. Klasse) . . .	+ 3,7	+ 1,4
„ Darmstadt (10 Lehmböden, 1 Sandboden)	+ 2,0	+ 2,2
„ Breslau (5 Lehmböden)	+ 2,7	—
„ Halle (Sandboden, lehmiger Sandboden, humoser Lehmboden, schwerer Lehmboden, Tonboden)	+ 1,3	—

Derartige Versuchsergebnisse könnten noch in großer Menge angeführt werden. Sie alle zeigen, daß auf kaliärmeren Böden nennenswerte Mehrerträge durch die Kalidüngung bei der Gerste erzielt werden und daß auch auf den besseren, kalireicheren Böden Mehrerträge durch die Kalidüngung zu erzielen sind, wenn dieselben auch häufig 1,5—2 dz auf 1 ha nicht übersteigen. Selbstverständlich gibt es Ausnahmen. So hat z. B. Immendorff gefunden, daß die schweren, sehr kalireichen Böden Thüringens eine Kalidüngung zur Gerste nicht lohnen.

Hat die Vorfrucht Stalldünger erhalten, so wird unter vielen Verhältnissen die Nachwirkung des Stalldüngerkalis für die Gerste noch ausreichen. Bei den statischen Versuchen der Versuchswirtschaft Lauchstädt wurden folgende Mehrerträge festgestellt:

Lößlehmboden.

Durchschnitt von 7 Jahren.

	Körner pro ha dz	Stroh pro ha dz
Durch Kali, Vorfrucht Zuckerrüben ohne Stalldünger	+ 1,08	+ 1,36
Durch Kali, Vorfrucht Zuckerrüben in Stalldünger .	+ 0,02	+ 1,80

Es hatte also für die Gerste das Kali des zur Vorfrucht gegebenen Stalldüngers ausgereicht, während die Kalidüngung da, wo die Vorfrucht keinen Stalldünger erhielt, die Ernte erhöht hatte. In allen den Fällen also, wo die Vorfrucht nicht in Stalldünger stand, wird man im allgemeinen der Gerste eine Kalidüngung zu geben haben, auch da, wo die Vorfrucht einen minderwertigen Stalldünger erhielt, einen solchen, in welchem die kalireiche Jauche nicht erhalten worden ist.

Die Kalidüngung erhöht aber nicht nur die Erträge, sondern auch die Qualität der Gerste. Die Kaligersten weisen neben anderen besseren Eigenschaften meistens einen niedrigeren Proteingehalt auf, als die nicht mit Kali ge-

düngten und hierdurch wird der Wert der Gerste als Brauware erhöht. Von einer guten Braugerste verlangt man bekanntlich immer, daß sie einen möglichst niedrigen Proteingehalt aufweist; denn um so niedriger der Proteingehalt, um so höher der Stärkegehalt und damit um so höher die Ausbeute in der Brauerei. Bei einem früheren Lauchstädter Kalidüngungsversuch wurden z. B. folgende Zahlen, in Punkten ausgedrückt, gewonnen:

	Chevalier		Goldfoil		Hanna	
	mit Kali	ohne Kali	mit Kali	ohne Kali	mit Kali	ohne Kali
Korngröße	7	5	5	5	6	5
Gleichmäßigkeit	6	4	5	4	5	4
Feinheit	5	3	4	3	6	5
Milde	3	3	2	3	5	4
Farbe	6	3	4	4	6	5
Hektolitergewicht	6	5	6	5	6	5
Proteingehalt	7	5	7	6	7	6
Extraktgehalt	8	4	—	—	5	2
Gesamturteil	48	32	(33	30)	46	36

Hier war ein außerordentlich günstiger Einfluß der Kalidüngung festzustellen, denn es verdienten die Bezeichnung:

	Mit Kali	Ohne Kali
Chevalier	48 = gut-fein	32 = gut-mittel
Goldfoil	(33 = gut-mittel	30 = gut-mittel)
Hanna	46 = gut	36 = gut-mittel

Die Kalidüngung hatte also einen sehr günstigen Einfluß auf die Qualität der Gerste ausgeübt.

Besonders günstig wirkte die Kalidüngung auf den Extraktgehalt der Gersten. Es betrug derselbe:

	Chevalier	Goldfoil	Hanna
Mit Kali	72,82%	69,70%	67,03% Extrakt
Ohne Kali	64,45 „	68,05 „	58,20 „ „
Mehr durch Kali	+8,37%	+1,65%	+8,83% Extrakt

In zwei Fällen war also der Extraktgehalt durch die Kalidüngung um über 8%, in dem dritten Falle um 1,65% gesteigert worden.

Die Verbesserung der Qualität der Gerste durch die Kalidüngung ist auch allgemein in der landwirtschaftlichen Praxis beobachtet worden.

Was die Form der Kalisalze betrifft, so sind z. B. bei vergleichenden Versuchen mit Kainit und 40prozent. Kalisalz folgende Mehrerträge pro Hektar gewonnen worden.

	Durch 40prozent. Kalisalz Körner pro ha dz	Durch Kainit Körner pro ha dz
Durchschnitt von 26 Versuchen verschiedener Versuchsstationen[1]	+ 1,95	+ 3,10
Durchschnitt von 11 Versuchen der Versuchsstation Darmstadt	+ 1,70	+ 2,30
Durchschnitt von 3 Versuchen der Versuchsstation Halle	+ 2,02	+ 3,00

Es hatte also bei diesen Versuchen der Kainit besser abgeschnitten als das 40prozent. Kalisalz. Ab und zu kommt es, wie spätere Versuche vom Verfasser zeigten, vor, daß das 40prozent. Kalisalz bei der Gerste besser abschneidet, speziell auf schweren Bodenarten, so daß man auf diesen Bodenarten der Gerste die Kalidüngung oft zweckmäßiger in Form des 40prozent. Kalisalzes geben wird, während für die leichteren und weniger schweren Böden der Kainit als Gerstendünger vorgezogen werden dürfte. Die Kalisalze kann man zur Gerste im Herbst, Winter oder Frühjahr geben. In vielen Fällen hat die Frühjahrsdüngung am besten abgeschnitten.

Die Höhe der Kalidüngung bemesse man, wie bei dem anderen Getreide, mit 4—5 dz Kainit auf 1 ha (2—2½ Ztr. pro Morgen) oder 1½—2 dz 40prozent. Kalisalz (¾—1 Ztr pro Morgen).

Beispiel für die Düngung der Gerste.

Sommergerste.

4 dz Kainit oder ¾—1 dz 40prozent. Kalisalz,
2—3 dz Superphosphat oder 2—3 dz Thomasmehl.

Außerdem Stickstoff:

II. Tracht: ½—1 dz schwefelsaures Ammoniak (für Ammoniak auch Kalkstickstoff oder Peruguano), nach in Stalldünger gebauten Kartoffeln keinen Stickstoff.

III. Tracht und folgende: 1½—2 dz schwefelsaures Ammoniak (für Ammoniak auch Kalkstickstoff oder Peruguano).

Wintergerste.

Düngung wie Sommergerste.
Schlecht durch den Winter gekommene zunächst ½—⅔ dz Salpeter.

Raps, Rübsen und Mohn.

Der Raps zeigt ein hohes Stickstoffbedürfnis. Auf dem Lauchstädter Versuchsfelde entzogen gute Rapsernten dem Boden im Durchschnitt mehrerer Jahre 124 kg Stickstoff pro Hektar, demnach erheblich mehr Stickstoff, als die anspruchsvollsten Getreidearten uud auch mehr als ertragreiche Kartoffelsorten. Zu hohe Stickstoffgaben, speziell Salpetergaben, sind aber beim Raps zu vermeiden,

[1]) Arbeiten der D. L.-G. Heft 81.

da ein mit Stickstoff überdüngter Raps ölarm ist. Man baut den Raps am besten in Stalldünger an, für welchen er sehr dankbar ist, und gibt ihm dann die noch fehlenden Stickstoffmengen in Form von Salpeter als Kopfdüngung im Frühjahr. Große Ansprüche stellt er auch an die Phosphorsäure, so daß man ihm auch noch neben Stalldünger eine kleine Phosphorsäuredüngung zu geben hat. Eine Kalidüngung hat er neben Stalldünger im allgemeinen nicht nötig.

Beispiel für die Düngung des Rapses.

Raps ohne Stalldünger (reine Mineraldüngung).

Herbst.	Frühjahr.
3 dz 40prozent. Kalisalz, 3—4 dz Superphosphat oder Thomasmehl, 1 dz Salpeter oder $^3/_4$ dz schwefelsaures Ammoniak.	2—3 dz Salpeter.

Raps in Stalldünger (200—300 dz).

2 dz 40prozent. Kalisalz (nur kalibedürftigeren Böden). 2 dz Superphosphat oder Thomasmehl.	1—2 dz Salpeter.

Der **Rübsen** und der **Mohn** stellen etwas geringere Ansprüche an die Düngung, so daß diese bei ihnen etwas niedriger bemessen werden kann.

Bohnen, Erbsen, Wicken.

Diese vermögen als Leguminosen vermittels ihrer Knöllchenbakterien den freien Stickstoff der Atmosphäre aufzunehmen und damit sich selbst mit Stickstoff zu versorgen. Die Fähigkeit, den Luftstickstoff aufzunehmen, besitzen sie aber erst nach erfolgter Knöllchenbildung. Da die Knöllchen in der ersten Entwicklungsperiode der Leguminosen noch nicht vorhanden sind, so sind sie in dieser Zeit auch auf den Stickstoff des Bodens angewiesen. Liefert daher der Boden ihnen für ihre erste Entwicklungsperiode nicht genügende Mengen von Stickstoff, so wirkt eine Stickstoffdüngung fördernd auf ihre erste Entwicklung. Bekannt ist in der Praxis die vorzügliche Wirkung einer Stallmistdüngung zu Bohnen und Erbsen, deren Wirkung zu einem großen Teil auf seine Stickstoffwirkung zurückzuführen ist. Es wurden bei Lauchstädter Versuchen[1]) folgende Erträge festgestellt:

Lößlehmboden.

Erbsen.

Düngung	Sorte A Körner pro ha dz	Sorte B Körner pro ha dz
Nur Phosphorsäure	20,91	18,58
Phosphorsäure + 1 dz Salpeter . .	29,17	22,80
240 dz Stalldünger ohne Beidüngung	31,15	25,98

[1]) Maercker, Bericht der Versuchswirtschaft Lauchstädt II u. III. Landwirtschaftliche Jahrbücher 1899.

Demnach betrugen die Mehrerträge bei der ertragreicheren Sorte durch Salpeter 8,26 dz, durch Stalldünger 10,24 dz Körner; bei der ertragärmeren Sorte durch Salpeter 4,22 dz, durch Stalldünger 7,40 dz Körner. Salpeter und Stalldünger hatten also eine sehr gute Wirkung gezeigt, der Stalldünger hatte noch den Salpeter übertroffen. Eine kleine Stickstoffgabe oder eine kleine Stallmistdüngung kann daher zu diesen Pflanzen wohl empfohlen werden. Die Stallmistdüngung bemesse man nicht höher als 200 dz pro Hektar.

Die Phosphorsäure des Bodens vermögen sich diese Pflanzen leichter anzueignen als die Getreidearten. Eine Phosphorsäuredüngung wird bei ihnen aber auch dann notwendig werden, wenn die Vorfrucht eine Stallmistdüngung oder eine reichliche Phosphorsäuredüngung nicht erhalten hat. In diesen Fällen gebe man ihnen 3 dz Superphosphat oder Thomasmehl. Die Thomasmehlphosphorsäure verwerten diese Pflanzen nicht nur auf den leichteren Böden gut, sondern auch auf den besseren Böden.

Auch das Kali des Bodens vermögen diese Pflanzen besser auszunutzen als die Getreidearten. Sie haben eine besondere Kalidüngung im allgemeinen nicht nötig, wenn ihre Vorfrucht eine Stallmistdüngung oder Kalidüngung erhielt. In anderen Fällen zeigen sie sich aber auch für eine Kalidüngung oft dankbar, nicht nur auf kaliärmeren, sondern auch auf kalireicheren Böden. So hat z. B. von Seelhorst auf dem kalireichen Boden des landwirtschaftlichen Versuchsfeldes der Universität Göttingen folgende Mehrerträge festgestellt:

Durchschnitt von 2 Jahren.

	Mehrerträge Körner pro ha dz	Stroh pro ha dz
Ackerbohnen, durch Kalidüngung, ohne Stickstoff	+ 24,8	+ 28,0
„ „ „ neben „	+ 21,0	+ 18,0
Vietsbohnen, durch Kalidüngung, ohne Stickstoff	+ 10,6	+ 8,6
„ „ „ neben „	+ 9,4	+ 8,4
Erbsen, durch Kalidüngung, ohne Stickstoff . .	+ 5,4	+ 8,0
„ „ „ neben „ . .	+ 2,6	+ 6,2

Prove[1]) stellte auf einem kali- und kalkarmen Boden folgende Mehrerträge fest:

Erbsen, durch Kalk, ohne Kali	+ 1,41	+ 1,54
„ „ „ + Kainit	+ 3,56	+ 8,62
„ „ „ + 40prozent. Kalisalz . .	+ 5,33	+ 8,70

Bei diesen mit Bohnen und Erbsen ausgeführten Versuchen wurden demnach nennenswerte Mehrerträge, zum Teil sehr erhebliche, durch die Kalidüngung erzielt. Im Bedarfsfalle gebe man ihnen 4—5 dz Kainit oder 1½—2 dz 40prozent. Kalisalz pro Hektar.

[1]) Arbeiten der D. L.-G. Heft 127.

Baut man die Bohnen, Erbsen und Wicken als Gründüngungspflanzen an, so wird man eine Stickstoffdüngung nicht vornehmen, sondern diese der Nachfrucht zur untergepflügten Gründüngung geben, falls die Gründüngung nicht ausreicht. Auch eine besondere Phosphorsäure- und Kalidüngung braucht man den Gründüngungspflanzen auf besseren Böden nicht zu geben, sondern die Phosphorsäure und das Kali erst der Nachfrucht zur untergepflügten Gründüngung zu verabreichen. Auf leichten Böden kann es sich unter Umständen empfehlen, eine Phosphorsäure- und Kalidüngung den Gründüngungspflanzen zu geben oder die Vorfrucht in Rücksicht auf die Gründüngung damit stärker zu düngen. Auf diesen Böden werden die in der Gründüngung aufgespeicherten Phosphorsäure- und Kalimengen durch die schnellere Zersetzung der Gründüngungsmasse, so wie sie hier erfolgt, der Nachfrucht leichter zugänglich, als auf den besseren Böden, wo eine langsamere Zersetzung der Gründüngungsmasse erfolgt.

Die Kleearten.

Auch diese sind in ihrer ersten Entwicklungsperiode, wo sie Knöllchen noch nicht angesetzt haben, auf den Stickstoff des Bodens angewiesen und in den Fällen, wo der Boden ihnen für ihre erste Entwicklung nicht genügende Stickstoffmengen zu liefern vermag, für eine kleine Stickstoffdüngung dankbar. Gaben von ½—1 dz Salpeter pro Hektar sind daher auch bei ihnen oft angebracht.[1]) In gewissen Jahren lohnen sie auch etwas höhere und wiederholte Stickstoffdüngungen, besonders dann, wenn sie eine mangelhafte Entwicklung zeigen.

Was die Phosphorsäure- und Kalidüngung betrifft, so gebraucht die Luzerne, welche in der Regel 3—4 Jahre stehen bleibt, auf alle Fälle eine solche, während der Klee, wenn er nur 1 Jahr stehen bleibt, eine besondere Phosphorsäure- und Kalidüngung nicht notwendig hat, wenn die Vorfrucht eine Phosphorsäure- und Kalidüngung erhielt. Die Phosphorsäure gibt man auch diesen Pflanzen, speziell der Luzerne, am zweckmäßigsten in Form von Thomasmehl, nicht nur auf den leichteren Böden, sondern auch auf den besseren. Eine Vorratsdüngung von 8—10 dz Thomasmehl ist für die mehrere Jahre stehende Luzerne am Platze, während man die Kalidüngung zweckmäßig in der Weise verabfolgt, daß man ihr 4—5 dz Kainit oder 2—3 dz 40prozent. Kalisalz im ersten Jahre vor der Bestellung und eine Düngung in gleicher Höhe im Winter oder zeitigen Frühjahr des zweiten oder dritten Jahres gibt. Häufig beobachtet man einen schlechten Stand der Luzerne, der auf einen Mangel an Phosphorsäure und Kali, besonders aber an Phosphorsäure, zurückzuführen ist. Wie wir sahen, gebrauchen die kleeartigen Gewächse besonders große Mengen von Kalk für ihre Ernährung. Befindet sich daher der Boden nicht in einem guten Kalkzustande, so hat auch eine Kalkdüngung stattzufinden. Die gute Wirkung des Thomasmehls bei diesen Pflanzen ist zum Teil zurückzuführen auf die vorzügliche Kalkwirkung des Thomasmehls.

[1]) Als Untersaat angebaut, nicht notwendig.

Wiesen und Weiden.

Auf den Wiesen und Weiden haben wir es zu tun mit Gräsern und Leguminosen, speziell Kleearten. Die Gräser können nur gedeihen, wenn sie reichliche Stickstoffmengen im Boden vorfinden, während die Leguminosen, wie wir sahen, ihren Stickstoffbedarf aus der Atmosphäre zu decken vermögen. Die Leguminosen sollen aber auf den Wiesen nicht nur sich selbst mit Stickstoff versorgen, sondern auch die neben ihnen wachsenden ziemlich stickstoffbedürftigen Gräser. Es ist deshalb vor allem für einen gesunden und reichlichen Leguminosenbestand auf den Wiesen Sorge zu tragen. Eine kräftige Entwicklung der Leguminosen, die sich auf den Wiesen hauptsächlich aus Kleearten zusammensetzen, erfordert eine reichliche Düngung mit Phosphorsäure und Kali und nötigenfalls auch mit Kalk.

Zahlreiche Feldversuche beweisen den hohen Nutzen der Phosphorsäure- und Kalidüngung auf den Wiesen. So hat z. B. Wagner bei seinen mehrjährigen Wiesendüngungsversuchen, welche auf den verschiedensten Bodenarten ausgeführt wurden, folgende Erträge festgestellt:

Durchschnitt von 15 Versuchsreihen.
3—12jährige Versuche.

Ohne Phosphorsäure	34,4 dz Heu pro Hektar	
Mit Phosphorsäure	51,5 „ „ „ „	
Durch Phosphorsäure	+17,1 dz Heu pro Hektar	

Durchschnitt von 16 Versuchsreihen.
3—12jährige Versuche.

Ohne Kali	34,4 dz Heu pro Hektar	
Mit Kali	52,8 „ „ „ „	
Durch Kali	+18,4 dz Heu pro Hektar	

Demnach wurden sowohl durch die Phosphorsäure- als auch durch die Kalidüngung sehr hohe Mehrerträge erzielt. Geht man die Einzelergebnisse durch, so sieht man, daß auf keiner der betreffenden Wiesen die Düngungen mit Phosphorsäure und Kali versagten, selbstverständlich haben sie auf der einen besser, auf der anderen etwas schlechter abgeschnitten.

Hiermit stimmen auch alle anderen Versuchsergebnisse, z. B. die von Baeßler und Stutzer, überein. Überall hat sich die Phosphorsäure- und Kalidüngung für Wiesen als notwendig erwiesen.

Was die Form der Phosphorsäure betrifft, so ist für Wiesen das Thomasmehl die geeignetste Form. Das Thomasmehl liefert den Wiesenpflanzen ausreichende Phosphorsäuremengen, trägt zur Neutralisation der schädlichen Säuren bei und versorgt gleichzeitig die kalkbedürftigen Wiesenpflanzen mit Kalk. Handelt es sich um eine sehr phosphorsäurearme Wiese, oder um eine solche, welche bisher

mit Phosphorsäuredüngung vernachlässigt worden ist, so gebe man einer solchen zunächst eine Vorratsdüngung von 8—10 dz Thomasmehl pro Hektar (4—5 Ztr. pro Morgen), sonst genügen im allgemeinen 3 dz Thomasmehl pro Hektar.

Was die Form der Kalisalze betrifft, so gibt man am zweckmäßigsten denjenigen Wiesen, bei welchen man eine mechanische Verschlechterung durch hohe Salzgaben nicht zu befürchten hat und welchen man besonders hohe Kaligaben nicht zuzuführen hat, die Kalidüngung in Form von Kainit, während man Wiesen mit schweren Böden, besonders Tonböden, und Wiesen mit hohem Kalibedarf die Kalidüngung besser in Form des 40prozent. Kalisalzes gibt. In den Fällen, wo es sich nicht um einen zu kaliarmen Boden handelt und um mittlere Wiesenerträge, genügen 4—6 dz Kainit pro Hektar (2—3 Ztr. pro Morgen) oder 2 bis 3 dz 40prozent. Kalisalz pro Hektar (1—1½ Ztr. pro Morgen). Handelt es sich um Wiesen mit sehr hohen Erträgen, 80—100 dz Heu pro Hektar, oder um sehr kaliarme Wiesen, so sind Gaben von 4 dz 40prozent. Kalisalz pro Hektar (2 Ztr. pro Morgen) am Platze. Ein voller Ersatz der durch hohe Ernten dem Boden entzogenen Kalimengen ist bei den besseren kalireicheren Böden zunächst noch nicht notwendig. Solche Wiesen können das Kalibedürfnis der Ernten zunächst noch mit einem kleineren Zuschuß auf eine längere Reihe von Jahren decken. Man hat nur darauf zu achten, daß man den Zeitpunkt, wo sich ein höheres Kalibedürfnis einstellt, nicht übersieht.

Außer der notwendigen Phosphorsäure- und Kalidüngung haben zahlreiche Wiesen noch eine besondere Kalkdüngung notwendig, die wohl immer am besten in Form des kohlensauren Kalkes zu geben ist.

Nun die Stickstoffdüngung der Wiesen. Können die stickstoffsammelnden Leguminosen unter allen Verhältnissen so viel Stickstoff aus der Luft sammeln, daß sie nicht nur sich selbst, sondern auch die neben ihnen wachsenden Gräser mit den nötigen Stickstoffmengen zu versorgen vermögen? Dies ist eine viel umstrittene Frage. Wagner stellte bei seinen Wiesendüngungsversuchen sehr schwankende Mehrerträge durch eine Salpeterdüngung fest. Einzelne Wiesen lohnten die Salpeterdüngung, besonders in den ersten Jahren, während auf anderen Wiesen die Salpeterdüngung ganz oder so gut wie ganz versagte. Im Durchschnitt der verschiedenen Versuche erzielte Wagner durch 1 dz Salpeter einen Mehrertrag von 5 dz Heu pro Hektar und damit machte sich die Salpeterdüngung im Durchschnitt der Versuche kaum bezahlt. Jedenfalls geht aus den zahlreichen Wagnerschen Versuchen hervor, daß eine regelmäßige Stickstoffdüngung der Wiesen nicht angebracht ist und wenn eine solche notwendig ist, nur eine kleine Gabe in Frage kommen kann. Bei Versuchen von Stutzer haben kleine Stickstoffgaben 10—16 kg Stickstoff pro Hektar (⅔—1 dz Salpeter) ab und zu hohe Mehrerträge geliefert.

Man empfiehlt besonders eine Kompostdüngung zu Wiesen. Bei Wiesendüngungsversuchen, welche der Verfasser mit D. Meyer und F. Münter über die Wirkung des Kompostes im Vergleich zum Salpeter anstellte, wurden folgende Erträge festgestellt:

Durchschnitt von 4 Jahren.

	Anmooriger Sandboden (weniger feucht) Heu pro ha dz	Anmooriger Sandboden (feucht) Heu pro ha dz	Lehmboden (trocken) Heu pro ha dz
Ohne Düngung	29,9	50,6	18,1
100 kg Phosphorsäure + 120 kg Kali	46,5	66,3	23,3
100 kg Phosphorsäure + 120 kg Kali + 1 dz Salpeter	48,1	73,0	22,5
100 kg Phosphorsäure + 120 kg Kali + 200 dz Kompost in jedem zweiten Jahre	47,0	71,8	25,7

Zunächst zeigen die Versuche die hohe Wirkung der Kaliphosphatdüngung, nur auf der trockenen Wiese konnte dieselbe wegen Wassermangels nicht ordentlich zur Wirkung kommen. Eine Wirkung des Salpeters war auf dem weniger feuchten anmoorigen Sandboden und dem trocknen Lehmboden nicht vorhanden; dagegen wurden durch die Salpeterdüngung auf dem feuchten anmoorigen Sandboden die Erträge noch um fast 7 dz Heu gesteigert. Eine besondere Wirkung des Kompostes konnte bei diesen Versuchen nicht festgestellt werden. Weitere Versuche müssen abgewartet werden. Auf den feuchten anmoorigen Böden wird aber voraussichtlich eine besondere Wirkung des Kompostes nicht zu erwarten sein.

Aus allen Wiesendüngungsversuchen geht hervor, daß es einige Wiesen gibt, die öfters eine schwache Stickstoffdüngung, 1 dz Salpeter pro Hektar ($^1/_2$ Ztr. pro Morgen), lohnen werden, daß man aber allgemein zur Stickstoffdüngung nicht raten kann. Angebracht ist eine Stickstoffdüngung immer da, wo die Leguminosen die Gräser verdrängt haben. Auch ist die Anwendung von Jauche zu Wiesen in Rücksicht auf wirtschaftliche Verhältnisse immer zu billigen. Bei der guten Jauchewirkung, welche man häufig beobachtet, ist aber zu bedenken, daß dieselbe nicht allein auf die Stickstoffwirkung der Jauche, sondern wohl mehr auf die gute Kaliwirkung derselben zurückzuführen ist.

Wiesen, welche Überschwemmungen ausgesetzt sind, gibt man die Phosphorsäure- und Kalidüngung am besten nach dem ersten Schnitt. Eine Stickstoffdüngung haben diese Wiesen meistens nicht notwendig.

Was die Düngung der Weiden betrifft, so gebrauchen diese eine geringere Düngung als die Wiesen, da ihr Düngebedürfnis zum großen Teil gedeckt wird durch den Dünger der Weidetiere. Eine öftere Phosphorsäure- und Kalidüngung haben aber auch sie notwendig und eine kleine Stickstoffdüngung ist, wie Falcke durch Versuche festgestellt, auch auf manchen Weiden am Platze. Eine solche kleine Stickstoffdüngung gibt man am zweckmäßigsten etwa Ende Juni, um noch ein gutes Herbstfutter zu erhalten.

Beispiele für die Düngung von Fruchtfolgen.

Bei den Beispielen, welche für die Düngung der einzelnen Feldfrüchte angeführt wurden, bewegen sich die angegebenen Düngermengen, speziell die Stickstoffmengen, oft in weiten Grenzen. Das kann nicht anders sein, da die Höhe der Düngung der einzelnen Früchte, vom Boden abgesehen, abhängig zu machen ist von den Vorfrüchten und Düngungen der Vorfrüchte, die sich in ihrer Mannigfaltigkeit bei solchen Beispielen nicht aufführen lassen. Genauere Angaben über die Düngung der einzelnen Feldfrüchte lassen sich schon eher machen bei bestimmten Fruchtfolgen. Es sollen deshalb im folgenden einige Beispiele für die Düngung von Fruchtfolgen aufgeführt werden.

Bessere und schwere Böden.

Beispiel I. Fruchtfolge: Kartoffeln, Weizen, Rüben, Gerste.

a) In 4 Jahren 2 × 200 dz Stalldünger pro ha = 400 dz.

1. Kartoffeln: 200 dz Stalldünger,
Nichts bei gutem Stalldünger.

2. Weizen: Herbst:
$1^1/_2$ dz 40 prozent. Kalisalz (nur kalibedürftigeren Böden)
2 dz Superphosphat[1])
1 dz schwefelsaures Ammoniak[1])
} vor der Bestellung.
Frühjahr:
$^1/_2$—1 dz Salpeter als Kopfdüngung.

3. Rüben: 200 dz Stalldünger
2 dz 40 prozent. Kalisalz
2 dz Superphosphat
} vor der Bestellung,
2—4 dz Salpeter, je nach Qualität des Stalldüngers.

4. Gerste: 4 dz Kainit oder $1^1/_2$—2 dz 40 prozent. Kalisalz,
2 dz Superphosphat[1]),
$^1/_2$—1 dz schwefelsaures Ammoniak[1]).

[1]) 1 dz schwefels. Ammoniak + 2 dz Superphosphat = ca. 4 dz Ammoniaksuper 5 + 10 (2 Ztr. pro Morgen) oder 3 dz Ammoniaksuper 6 + 12 ($1^1/_2$ Ztr. pro Morgen) oder 2 dz Ammoniaksuper 9 + 9 + 1 dz Superphosphat.

b) In 4 Jahren 1×300 dz Stalldünger pro ha.

1. Kartoffeln: 300 dz Stalldünger,
Nichts.

2. Weizen (event. mit Kleeeinsaat als Gründüngung):
Herbst:
2 dz Superphosphat[1])
1 dz schwefelsaures Ammoniak[1]) } vor der Bestellung.
Frühjahr:
Nichts.

3. Rüben in reiner Mineraldüngung:
3 dz 40 prozent. Kalisalz[4])
4 dz Superphosphat[2]) } vor der Bestellung.
2 dz schwefelsaures Ammoniak[2])
2—3 dz Salpeter als Kopfdüngung.
„ in Gründüngung:
3 dz 40 prozent. Kalisalz[4])
4 dz Superphosphat } vor der Bestellung,
2—4 dz Salpeter als Kopfdüngung, Höhe je nach Stand der Gründüngung (bei gut geratener Gründüngung 2 dz Salpeter).

4. Gerste: 4 dz Kainit oder $1^1/_2$—2 dz 40 prozent. Kalisalz,
2 dz Superphosphat[3]),
1—2 dz schwefelsaures Ammoniak[3]).
(Höhere Gabe nach Zuckerrüben in reiner Mineraldüngung, niedrigere Gabe nach Zuckerrüben in Gründüngung.)

Bei diesem Beispiel ist für 4 Jahre einerseits eine zweimalige Stallmistdüngung von je 200 dz = 400 dz pro ha (zweimal 100 Ztr. = 200 Ztr. pro Morgen), andererseits eine einmalige Stallmistdüngung von 300 dz pro ha (150 Ztr. pro Morgen) und eine eventuelle Gründüngung ins Auge gefaßt. Vielfach werden in der Praxis für 4 Jahre 400 dz Stalldünger pro ha (200 Ztr. pro Morgen) auf einmal gegeben. Eine so hohe Gabe wird aber, wie wir in den früheren Kapiteln sahen, schlecht ausgenutzt, so daß sie nicht empfehlenswert ist. Es ist deshalb als höchste Gabe für alle Beispiele eine solche von 300 dz pro ha (150 Ztr. pro Morgen) vorgesehen. Hervorgehoben mag aber werden, daß in der Praxis oft minderwertiger Stalldünger zur Verwendung kommt, von welchem 400 dz keinen höheren Wert haben als 300 dz.

---

[1]) Siehe vorhergehende Anmerkung 1.

[2]) 2 dz schwefels. Ammoniak + 4 dz Superphosphat = ca. 6 dz Ammoniaksuper 6 + 12 (3 Ztr. pro Morgen) oder 4 dz Ammoniaksuper 9 + 9 + 2 dz Superphosphat (2 + 1 Ztr. pro Morgen).

[3]) $1^1/_2$—2 dz schwefels. Ammoniak + 2 dz Superphosphat = ca. 4 dz Ammoniaksuper 9 + 9 (2 Ztr. pro Morgen).

[4]) Herbst oder Frühjahr, zweckmäßig mit der Herbstfurche.

Für die in Stalldünger stehenden Kartoffeln ist eine weitere Düngung nicht vorgesehen, die auch auf besseren Böden im allgemeinen erspart werden kann. Der Weizen steht hier nach in Stalldünger angebauten Kartoffeln, welch letztere den Acker in einem so guten Zustande hinterlassen, daß für den auf die Kartoffeln folgenden Weizen nur eine kleine Stickstoff- und Phosphorsäuredüngung in Frage kommt und eine Kalidüngung sich nur auf kalibedürftigeren Böden als nötig erweist. Die dann folgenden Rüben gebrauchen, wie die Zahlen zeigen, da, wo sie in Mineral- oder Gründüngung stehen, höhere Phosphorsäure- und Kalimengen, als da, wo sie in Stalldünger angebaut werden. Bei den in Stallmist angebauten Rüben ist eine höhere Ernte zu erwarten als bei den in Mineraldüngung und auch bei den in Gründüngung angebauten Rüben, auch wenn die Gaben an künstlichen Düngemitteln im letzteren Falle noch so hoch bemessen werden. Für die Gerste, welche nach in Stalldünger oder Gründüngung angebauten Rüben steht, ist nur eine geringe Stickstoffdüngung vorgesehen, während die Stickstoffdüngung der Gerste da, wo sie auf Rüben folgt, welche in reiner Mineraldüngung standen, höher bemessen werden muß. In beiden Fällen ist für die Gerste eine Kalidüngung vorgesehen, für welche sie dankbar ist und welche auch den nachfolgenden Kartoffeln noch zugute kommt.

Beispiel II. Fruchtfolge: Erbsen in Gersten- oder Haferstoppel, Weizen, Rüben, Weizen, Rüben, Gerste oder Hafer.

In 6 Jahren 1 × 200 dz, 1 × 300 dz Stalldünger pro ha = 500 dz.

1. **Erbsen** in Gersten- oder Haferstoppel:
   200 dz Stalldünger,
   1 dz Superphosphat.

2. **Weizen**: Herbst:
   1½ dz 40 prozent. Kalisalz (nur kalibedürftigeren Böden)
   2 dz Superphosphat
   1 dz schwefels. Ammoniak
   } vor der Bestellung.
   Frühjahr:
   ½—1 dz Salpeter als Kopfdüngung.

3. **Rüben**:
   3 dz 40 prozent. Kalisalz
   4 dz Superphosphat
   2 dz schwefels. Ammoniak
   } vor der Bestellung,
   2—3 dz Salpeter als Kopfdüngung.

4. **Weizen**: Herbst:
   1½ dz 40 prozent. Kalisalz (nur kalibedürftigeren Böden)
   2 dz Superphosphat
   1 dz schwefels. Ammoniak
   } vor der Bestellung.
   Frühjahr:
   1—2 dz Salpeter als Kopfdüngung.

5. Rüben: 300 dz Stalldünger,
2 dz 40 prozent. Kalisalz
(nur kalibedürftigeren Böden) } vor der Bestellung,
2 dz Superphosphat,
2—3 dz Salpeter als Kopfdüngung.

6. Gerste: 4 dz Kainit oder $1^1/_2$—2 dz 40 prozent. Kalisalz,
2 dz Superphosphat,
$^1/_2$—1 dz schwefels. Ammoniak,

oder **Hafer:** 2 dz Superphosphat,
2 dz Salpeter.

Bei dieser Fruchtfolge handelt es sich, wie wir sehen, um einen sehr intensiven Weizen- und Rübenbau. Die kleinere Stalldüngergabe von 200 dz pro ha (100 Ztr. pro Morgen) ist hier den Erbsen, welche für eine solche auch sehr dankbar sind, zugedacht, die höhere von 300 dz pro ha (150 Ztr. pro Morgen) einmal den Rüben, während die andern Rüben in reiner Mineraldüngung stehen. Eine Kalidüngung ist der Gerste, den nicht in Stalldünger stehenden Rüben und auf kalibedürftigeren Böden auch dem Weizen zugedacht, während eine solche bei den in Stalldünger stehenden Erbsen den in hoher Stallmistdüngung stehenden Rüben und dem weniger kalibedürftigen Hafer erspart werden kann. Die Höhe der einzelnen Düngungen (Stickstoff-, Phosphorsäure- und Kalidüngung) ist, wie auch dieses Beispiel zeigt, von der Stallmistdüngung, Vorfrucht und Düngung der Vorfrucht abhängig zu machen.

Beispiel III. Fruchtfolge: Kartoffeln oder Erbsen in Haferstoppel, Weizen, Rüben, Gerste, Roggen, Rüben, Weizen, Hafer.

In 8 Jahren 1×200 dz, 1×300 dz Stalldünger pro ha = 500 dz.

1. Kartoffeln oder Erbsen in Haferstoppel:
200 dz Stalldünger,
1 dz Superphosphat.

2. Weizen. Herbst:
$1^1/_2$ dz 40 prozent. Kalisalz (nur kalibedürftigeren Böden) } vor der
2 dz Superphosphat } Be-
1 dz schwefelsaures Ammoniak } stellung.
Frühjahr: $^1/_2$—1 dz Salpeter als Kopfdüngung.

3. Rüben in Gründüngung:
3 dz 40 prozent. Kalisalz } vor der Bestellung,
4 dz Superphosphat }
2—4 dz Salpeter als Kopfdüngung, Höhe je nach Stand der Gründüngung (bei gut geratener Gründüngung 2 dz Salpeter).

4. Gerste: 4 dz Kainit oder $1^1/_2$—2 dz 40 prozent. Kalisalz,
2 dz Superphosphat,
1—$1^1/_2$ dz schwefelsaures Ammoniak.

5. Roggen. Herbst:
2 dz Superphosphat
1 dz schwefelsaures Ammoniak } vor der Bestellung.
Frühjahr: 1—1½ dz Salpeter als Kopfdüngung.

6. Rüben: 300 dz Stalldünger,
2 dz 40prozent. Kalisalz (nur kalibedürftigeren Böden) } vor der
2 dz Superphosphat } Bestellung,
2—3 dz Salpeter auf Kopfdüngung.

7. Weizen. Herbst:
2 dz Superphosphat
1 dz schwefelsaures Ammoniak } vor der Bestellung,
1—1½ dz Salpeter als Kopfdüngung.

8. Hafer: 2 dz Superphosphat
1 dz schwefelsaures Ammoniak } vor der Bestellung,
1—2 dz Salpeter als Kopfdüngung.

Für die in Stalldünger stehenden Kartoffeln und den auf diese folgenden Weizen gilt das beim Beispiel I Gesagte. Auch für die Gründüngungs- und Stalldünger-Rüben und die auf die ersteren folgenden Gerste sind dieselben Düngungen wie vorher vorgesehen. Eine stärkere Stickstoffdüngung muß der auf Rüben folgende Weizen, als der auf Kartoffeln folgende erhalten. Eine höhere Stickstoffdüngung muß auch der in späterer Tracht stehende Roggen und der in dritter Tracht stehende Hafer erhalten. Auf sehr kalibedürftigen Böden könnte noch eine weitere Kalidüngung eingeschaltet werden.

Beispiel IV. Fruchtfolge: Roggen, Rüben, Gerste oder Hafer.

In 3 Jahren 200 dz Stalldünger.

1. Roggen: (Stoppel-Gründüngung: Erbsen, Bohnen, Wicken):
Herbst:
200 dz Stalldünger,
1 dz Superphosphat vor der Bestellung.
Frühjahr:
1 dz Salpeter als Kopfdüngung.

2. Rüben in Gründüngung:
3 dz 40prozent. Kalisalz } vor der Bestellung,
4 dz Superphosphat }
2—4 dz Salpeter als Kopfdüngung, je nach Stand der Gründüngung (bei gut geratener Gründüngung 2 dz Salpeter).

3. Gerste: 4 dz Kainit oder 1½—2 dz 40prozent. Kalisalz,
2 dz Superphosphat,
1—1½ dz schwefels. Ammoniak,
oder **Hafer:** 2 dz Superphosphat,
2—3 dz Salpeter.

Bei dieser Fruchtfolge ist dem Roggen eine Stallmistdüngung zugedacht worden, während die auf den Roggen folgenden Rüben in der Nachwirkung des Stalldüngers und in der nach Roggen ausgesäten Gründüngung stehen, eine Düngung, wie sie hier und da in der Praxis vorkommt und auch nicht von der Hand zu weisen ist. Eine Kalidüngung ist für die Gründüngungsrüben und für die Gerste vorgesehen, während eine solche bei dem in Stalldünger stehenden Roggen und dem Hafer wieder erspart werden kann. Bezüglich der anderen Düngungen gilt das vorher Gesagte.

Beispiel V. Fruchtfolge: Pferdebohnen in Haferstoppel, Weizen, Roggen, Rotklee, Hafer.

In 5 Jahren 2 × 200 dz Stalldünger pro ha = 400 dz.

1. **Pferdebohnen** in Haferstoppel:
   200 dz Stalldünger,
   1 dz Superphosphat.

2. **Weizen**: Herbst:
   1½ dz 40prozent. Kalisalz
   2 dz Superphosphat
   1 dz schwefels. Ammoniak
   } vor der Bestellung.
   Frühjahr:
   ½—1 dz Salpeter als Kopfdüngung.

3. **Roggen** (mit Klee-Einsaat):
   Herbst:
   200 dz Stalldünger
   4 dz Thomasmehl
   } vor der Bestellung.
   Frühjahr:
   1 dz Salpeter als Kopfdüngung.

4. **Rotklee**: 2 dz 40prozent. Kalisalz, im Winter oder zeitigem Frühjahr.

5. **Hafer**: 2 dz Superphosphat,
   1 dz Salpeter.

Auch diese Fruchtfolge wird hier und da gewählt. Für die in Stalldünger stehenden Pferdebohnen ist noch eine kleine Phosphorsäuregabe vorgesehen, bei dem in Stalldünger stehenden Roggen mit Klee-Einsaat eine größere gewählt und zwar in Form von Thomasmehl mit Rücksicht auf den folgenden Rotklee. Eine Kaligabe ist nur dem Weizen und dem Rotklee zugedacht, in der Annahme, daß das Kalidüngebedürfnis der Pferdebohnen und des Roggens durch den Stalldünger gedeckt wird und der weniger kalibedürftige Hafer eine besondere Kalidüngung im allgemeinen nicht nötig hat. Die gewählten Stickstoffgaben dürften für die meisten Verhältnisse genügen.

Beispiel VI. Fruchtfolge: Hafer oder Gerste, Luzerne (3jährige), Roggen, Rüben, Gerste, Kartoffeln, Weizen.

1. **Hafer oder Gerste,** mit Einsaat oder Stoppelsaat von Luzerne:
   5—6 dz Kainit oder 2—3 dz 40prozent. Kalisalz } mit der Saatfurche
   8 dz Thomasmehl } untergepflügt,
   $1^1/_2$—2 dz schwefelsaures Ammoniak der Gerste,
   1 dz schwefelsaures Ammoniak + 1—2 dz Salpeter dem Hafer.
2. **Luzerne:** Nichts.
3. **Luzerne:** 2—3 dz 40prozent. Kalisalz als Kopfdünger im Herbst oder Winter.
4. **Luzerne:** Nichts.
5. **Roggen.** Herbst:
   2 dz Superphosphat } vor der Bestellung.
   1 dz schwefelsaures Ammoniak }
6. **Rüben:** 3 dz 40prozent. Kalisalz,
   4 dz Superphosphat,
   3—4 dz Salpeter.
7. **Gerste:** 4 dz Kainit oder $1^1/_2$—2 dz 40prozent. Kalisalz,
   2 dz Superphosphat,
   $1^1/_2$—2 dz schwefelsaures Ammoniak.
8. **Kartoffeln:** 200—300 dz Stalldünger,
   Nichts bei gutem Stalldünger.
9. **Weizen.** Herbst:
   2 dz Superphosphat } vor der Bestellung.
   1 dz schwefelsaures Ammoniak }

Hier ist eine Fruchtfolge mit Luzerne aufgeführt. Die Vorfrucht Hafer oder Gerste, welche hier in dritter Tracht steht, muß eine höhere Stickstoffdüngung erhalten. Gleichzeitig soll mit ihrer Saatfurche eine Phosphorsäure-Vorratsdüngung in Form von Thomasmehl für die nachfolgende Luzerne gegeben werden. Das Kali erhält die Luzerne für das erste und zweite Jahr aus der Kalidüngung der Vorfrucht, während für das dritte und vierte Jahr für sie noch eine Kalikopfdüngung in Form des 40prozent. Kalisalzes vorgesehen ist. Auf die Luzerne folgt der als Nachfrucht sehr geeignete Roggen mit einer Stickstoffdüngung im Herbst, welche nötig ist, da die Wurzelrückstände der Luzerne zunächst noch wenig Stickstoff abgeben. Eine größere Stickstoffausnutzung der Luzernestoppel erfolgt erst seitens der auf den Roggen folgenden Rüben, bei denen die Stickstoffdüngung deshalb etwas niedriger bemessen werden kann, als sonst in reiner Mineraldüngung. Für die an letzter Stelle stehenden drei Früchte Gerste, Kartoffeln, Weizen gilt das vorher Gesagte.

Feuchte Sandböden, lehmige Sandböden, sandige Lehmböden.

Beispiel I. Fruchtfolge: Roggen, Rüben, Gerste, Roggen, Kartoffeln, Hafer, Kartoffeln.

1. **Roggen** mit Einsaat oder Stoppelsaat von Gründüngung:
   Herbst:
   2—3 dz Thomasmehl vor der Bestellung,
   Frühjahr:
   2—4 dz Salpeter als Kopfdüngung (Höhe je nach Produktionsfähigkeit des Bodens).
2. **Rüben** in Gründüngung + 150 dz Stalldünger:
   4—5 dz Kainit oder 1½—2 dz 40 prozent. Kalisalz,
   3 dz Superphosphat,
   2—3 dz Salpeter.
3. **Gerste:** 4 dz Kainit,
   2—3 dz Thomasmehl,
   1—1½ dz schwefels. Ammoniak.
4. **Roggen** mit Einsaat oder Stoppelsaat von Gründüngung:
   Herbst:
   2—3 dz Thomasmehl
   ½ dz schwefels. Ammoniak } vor der Bestellung,
   Frühjahr:
   2—4 dz Salpeter als Kopfdüngung (Höhe je nach Produktionsfähigkeit des Bodens).
5. **Kartoffeln** in Gründüngung:
   3 dz 40 prozent. Kalisalz
   4 dz Thomasmehl } Herbst, Winter oder zeitig im Frühjahr,
   0—1 dz Salpeter oder 0—¾ dz schwefels. Ammoniak
   (bei schlecht geratener Gründüngung mehr Stickstoff).
6. **Hafer:** 2 dz Thomasmehl,
   3 dz Salpeter oder 2¼ dz schwefels. Ammoniak oder kombinierte Düngung von Ammoniak und Salpeter.
7. **Kartoffeln:** 200 dz Stalldünger,
   2 dz 40 prozent. Kalisalz (nur kalibedürftigeren Böden),
   2 dz Thomasmehl,
   2 dz Salpeter oder 1½ dz schwefels. Ammoniak.

Hier ist besonders zu beachten die hohe Salpeter-Frühjahrsdüngung zu Roggen, welche derselbe auf vielen derartigen Böden ganz besonders lohnt. Eine kleine Stickstoff-Herbstdüngung ist für den auf Kartoffeln folgenden Roggen nicht notwendig, während bei dem auf Gerste folgenden eine kleine Stickstoffgabe im Herbst vorgesehen ist. Für die Rüben ist eine kombinierte Düngung von Gründüngung und Stalldünger vorgesehen. Aus diesem Grunde kann die Phosphorsäure- und Kalidüngung hier etwas niedriger bemessen werden, als bei Rüben, welche in reiner Gründüngung stehen.

Beispiel II. Fruchtfolge: Roggen, Rüben, Hafer, Klee.

1. **Roggen** nach Klee:
   Herbst: 4 dz Kainit } vor der Bestellung.
   2—3 dz Thomasmehl }
   Frühjahr: 2 dz Salpeter als Kopfdüngung.
2. **Rüben**:
   200 dz Stalldünger
   4 dz Kainit
   3 dz Superphosphat, ev. einen Teil als Thomasmehl } vor der Bestellung.
   3 dz Salpeter als Kopfdüngung.
3. **Hafer** mit Klee-Einsaat:
   3—4 dz Thomasmehl
   1 dz schwefelsaures Ammoniak } vor der Bestellung,
   1 dz Salpeter als Kopfdüngung.
4. **Klee**: 4—5 dz Kainit oder 2 dz 40prozent. Kalisalz, im Winter oder zeitigem Frühjahr.

Die für diese Fruchtfolge gewählte sehr geringe Stalldüngergabe entspricht einer sehr schwachen Viehhaltung. Infolge der geringen Stalldüngergabe muß für diese Fruchtfolge der Zuschuß an Phosphorsäure und Kali reichlich bemessen werden. Für den Klee ist die ganze Phosphorsäuregabe schon zur Vorfrucht, dem Hafer, gegeben. Was die Stickstoffgaben betrifft, so können dieselben für sehr ertragreiche feuchte Sandböden noch etwas höher bemessen werden.

Trockne Sandböden.

Beispiel I. Fruchtfolge: Roggen, Kartoffeln, Roggen.

1. **Roggen** mit Einsaat oder Stoppelsaat von Gründüngung:
   Herbst:
   4 dz Kainit[1]) } vor der Bestellung,
   2—3 dz Thomasmehl }
   ½ dz schwefelsaures Ammoniak,
   Frühjahr:
   1½—2 dz Salpeter oder 1—1½ dz schwefels. Ammoniak.
2. **Kartoffeln** in Gründüngung:
   a) Gründüngung sehr gut geraten:
   3 dz 40prozent. Kalisalz,
   4 dz Thomasmehl,
   0—1 dz Salpeter.
   b) Gründüngung mäßig geraten:
   + 100—150 dz Stalldünger,
   2 dz 40prozent. Kalisalz,
   3 dz Thomasmehl,
   1—2 dz Salpeter oder ¾—1½ dz schwefels. Ammoniak.

[1]) ev. auch im Winter oder Frühjahr.

c) Gründüngung mißraten:
200 dz Stalldünger,
2 dz 40prozent. Kalisalz,
2—3 dz Thomasmehl,
1—2 dz Salpeter oder $^3/_4$—$1^1/_2$ dz schwefels. Ammoniak.

3. Roggen:
Herbst: 2—3 dz Thomasmehl vor der Bestellung.
Frühjahr:
$1^1/_2$—2 dz Salpeter oder 1—$1^1/_2$ dz schwefels. Ammoniak.

Hier auf dem trocknen Sandboden ist zu Roggen eine geringere Stickstoffdüngung vorgesehen, als auf den produktiven feuchten Sandböden, lehmigen Sandböden und sandigen Lehmböden. Eine so hohe Stickstoffdüngung wie auf jenen Böden kann der Roggen auf dem trocknen Sandboden wegen Wassermangels nicht ausnutzen. Eine Kalidüngung ist dem auf Roggen folgenden Roggen zugedacht, die auch den nachfolgenden Kartoffeln noch zugute kommt. Bei der Kartoffel ist einerseits eine gut geratene Gründüngung, andererseits an eine weniger gut geratene und ganz mißratene Gründüngung in Verbindung mit Stalldünger gedacht. Phosphorsäure und Kalidüngung müssen im ersteren Falle wieder höher bemessen werden als in den beiden letzteren, wo der Stalldünger das Phosphorsäure- und Kalibedürfnis der Kartoffeln zu einem größeren Teil deckt. Anders steht es mit dem Stickstoff. Neben gut geratener Gründüngung braucht man auf dem Sandboden der Kartoffel im allgemeinen keinen Stickstoff zu geben, während neben mißratenen Gründüngungen in Verbindung mit geringen Gaben von Stalldünger meistens noch eine Stickstoffgabe notwendig wird.

Beispiel II. Fruchtfolge: Roggen, Kartoffeln, Lupinen oder Serradella (zur Körnergewinnung, Serradella ev. auch als Futter, bei Mißraten untergepflügt).

1. Roggen nach Lupinen oder Serradella:
Herbst:
3—4 dz Kainit[1])
2—3 dz Thomasmehl } vor der Bestellung.
Frühjahr:
$1^1/_2$ dz Salpeter.

2. Kartoffeln: 200 dz Stalldünger,
2 dz 40prozent. Kalisalz,
2 dz Thomasmehl,
1—2 dz Salpeter oder $^3/_4$—$1^1/_2$ dz schwefels. Ammoniak.

3. Lupinen oder **Serradella:**
3—4 dz Kainit,
2—3 dz Thomasmehl.

[1]) Kainit auch im Winter oder Frühjahr.

Die für diese Fruchtfolge vorgesehenen Phosphorsäure- und Kaligaben dürften zusammen mit dem Stalldünger für die meisten trocknen Sandböden genügen. Was die gewählten Stickstoffgaben betrifft, so wird der auf Lupinen oder Serradella folgende Roggen auf trocknen Sandböden mehr wie $1^1/_2$ dz Salpeter pro ha ($^3/_4$ Ztr. pro Morgen) im allgemeinen nicht verwerten und für die in Stalldünger stehenden Kartoffeln wird 1 dz Salpeter pro ha ($^1/_2$ Ztr. pro Morgen) bei besserem Stalldünger, 2 dz Salpeter pro ha (1 Ztr. pro Morgen) bei minderwertigem Stalldünger genügen.

Die obigen Beispiele zeigen, in welcher Weise die Düngung vom Boden, Vorfrucht und Düngung der Vorfrucht abhängig zu machen ist. Die aufgeführten Düngungen werden für viele Verhältnisse passen, sollen aber nicht blindlings auf alle Verhältnisse übertragen werden, sondern es hat an der Hand der Beispiele immer eine Überlegung stattzufinden, um nötigenfalls eine Modifikation der Düngungen eintreten zu lassen.

Die Anstellung von Felddüngungsversuchen.

Der Gefäßversuch gibt uns in den meisten Fällen ein ziemlich scharfes Bild über die relative Wirkung der verschiedenen Stickstoff-, Phosphorsäure-, Kali- und Kalkdünger, so daß wir auf Grund solcher Gefäßversuche sagen können, daß dieses oder jenes Düngemittel auch auf dem Felde besser oder schlechter oder auf diesem oder jenem Boden besser oder schlechter abschließen wird, wenn verschiedene Böden zu dem Gefäßversuch herangezogen werden.

Nicht dürfen wir aber

1. die bei den Gefäßversuchen gewonnenen Ergebnisse zahlenmäßig auf das Feld übertragen,
2. nicht gibt uns der Gefäßversuch einen Aufschluß über die Mengen an Nährstoffen, welche wir den verschiedenen Früchten in den einzelnen Fruchtfolgen zu verabreichen haben, um die höchste Rentabilität zu erzielen, und hierauf kommt es in erster Linie an,
3. nicht gewinnen wir bei dem Gefäßversuch für die Praxis brauchbare Ergebnisse über die Wirkung des Stalldüngers und der Gründüngung im Vergleich zu den Handelsdüngern,
4. nicht lassen sich bei dem Gefäßversuch die Nährstoffverluste feststellen, welche durch Auswaschen unter natürlichen Verhältnissen herbeigeführt werden.

Aus alle diesem geht hervor, daß wir, um für die Praxis brauchbare Ergebnisse zu gewinnen, den Feldversuch heranziehen müssen.

Durch Feldversuche ist festzustellen:

I. Welche Nährstoffe fehlen dem Boden und welche Mengen von Nährstoffen müssen den verschiedenen Kulturpflanzen in den einzelnen Fruchtfolgen gegeben werden, um Höchstproduktionen zu erzielen?

II. Welche Formen der Düngung sind für die verschiedenen Früchte und für die verschiedenen Bodenarten die geeignetsten?

I. Feldversuche über das Nährstoffbedürfnis der Böden im allgemeinen und über die zweckmäßige Höhe der Düngung.

Diese Versuche sind für den Landwirt die wichtigsten. Hauptsache für ihn ist, zu wissen, welche Nährstoffe und welche Mengen der einzelnen Nährstoffe muß er auf seinem Boden bei dem ihm in

der Wirtschaft zur Verfügung stehenden Stalldünger bezw. bei der in Anwendung kommenden Gründüngung den einzelnen Früchten in den verschiedenen Fruchtfolgen reichen, um die höchste Rentabilität zu erzielen. Diese Versuche sind nicht so feiner Natur als die über die Wirkung der verschiedenen Formen der einzelnen Düngemittel, bei welch letzteren oft infolge der Gleichartigkeit der einzelnen Düngemittel so geringe Unterschiede in den Erträgen hervortreten, daß der Landwirt sie schwer feststellen kann.

Die Versuche über das Nährstoffbedürfnis eines Bodens stellt man bekanntlich in der Weise an, daß man einerseits sämtliche Nährstoffe gibt, andererseits den einen oder den anderen Nährstoff fehlen läßt. Dabei empfiehlt sich eine ganz ungedüngte Parzelle anzulegen und von vornherein eine höhere oder niedrigere Stickstoffgabe in Aussicht zu nehmen, da eine Stickstoffdüngung mit wenigen Ausnahmen immer notwendig ist und es darauf ankommt, festzustellen, welche Mengen von Stickstoff den einzelnen Kulturpflanzen in der Fruchtfolge zu reichen sind.

Die Parzellen legt man am besten für solche Versuche lang und schmal, nicht zu klein und nebeneinander an. Eine Größe von 1000 qm, 100 m lang und 10 m breit oder 80 m lang und $12^1/_2$ m breit, kann für solche Versuche als zweckmäßig angesehen werden. Eine doppelte Anlage der Parzellen ist für diese Versuche, welche der Landwirt selbst anstellen kann, als ausreichend anzusehen. Die Anlage würde demnach folgendermaßen aussehen:

1a	Phosphorsäure, Kali, Stickstoff (höhere Stickstoffgabe)	wie 1a
2a	Phosphorsäure, Kali, Stickstoff (niedrigere Stickstoffgabe)	wie 2a
3a	Phosphorsäure, Stickstoff (höhere Stickstoffgabe)	wie 3a
4a	Kali, Stickstoff (höhere Stickstoffgabe)	wie 4a
5a	Phosphorsäure, Kali	wie 5a
6a	Ungedüngt	wie 6a
1b	wie 1a	
2b	wie 2a	
3b	wie 3a	
4b	wie 4a	
5b	wie 5a	
6b	wie 6a	

Beim Vergleich der Parzellen 1 und 3 erhalten wir Aufschluß über das Kalibedürfnis, der Parzellen 1 und 4 über das Phosphorsäurebedürfnis und der Parzellen 1 bezw. 2 und 5 über das Stickstoffbedürfnis.

Diese Versuche sind in den betreffenden Fruchtfolgen durchzuführen und bei den wechselnden Jahren möglichst lange fortzusetzen. Um schneller zum Ziele zu kommen, empfiehlt es sich, gleich auf zwei oder mehreren Schlägen solche Versuche anzulegen, so daß man in einem Jahre gleich verschiedene Früchte vor sich hat. Bei den Früchten, welche in der Fruchtfolge keinen Stickstoff nötig haben, wie dies z. B. der Fall ist bei auf besserem Boden in Stalldünger angebauten Kartoffeln oder bei in guten Gründüngungen angebauten Kartoffeln und Getreide kann Stickstoff in dem betreffenden Jahre in Fortfall kommen.

Durch die obige Versuchsanstellung erfährt der Landwirt wohl, welche Nährstoffe den einzelnen Pflanzen auf seinem Boden fehlen und erhält auch einen Aufschluß über die zweckmäßige Höhe der Stickstoffdüngung, er kann aber bei einer solchen Versuchsanstellung nur teilweise erfahren, ob er bisher richtig oder falsch gedüngt hat, da bei der obigen Versuchsanlage Vergleiche von Parzellen stattfinden, so wie sie in der Praxis nicht oder nur vereinzelt gedüngt werden. Es düngt ein Landwirt weder mit Phosphorsäure und Kali allein, noch mit Kali und Stickstoff allein usw.

Um zu sehen, ob er bisher richtig oder falsch gedüngt hat, empfehlen sich zur Prüfung der einzelnen Nährstoffe mehr die folgenden Anlagen:

Versuche über die Stickstoffdüngung	1a	Phosphorsäure, Kali. In der Wirtschaft bisher angewendete Stickstoffgabe
	2a	Phosphorsäure, Kali. Höhere oder geringere, als in der Wirtschaft angewendete Stickstoffgabe
	3a	Phosphorsäure, Kali
	1b	wie 1a
	2b	wie 2a
	3b	wie 3a

Versuche über die Phosphorsäuredüngung	1a	Stickstoff, Kali. In der Wirtschaft bisher angewendete Phosphorsäuregabe
	2a	Stickstoff, Kali. Höhere oder niedrigere, als in der Wirtschaft angewendete Phosphorsäuregabe
	3a	Stickstoff, Kali
	1b	wie 1a
	2b	wie 2a
	3b	wie 3a

Versuche über die Kalidüngung		
	1a	Stickstoff, Phosphorsäure. In der Wirtschaft übliche Kalidüngung
	2a	Stickstoff, Phosphorsäure. Öftere oder weniger öftere Kalidüngung als die in der Wirtschaft übliche
	3a	Stickstoff, Phosphorsäure
	1b	wie 1a
	2b	wie 2a
	3b	wie 3a

Wie die Versuchsparzellen zeigen, ist beim Stickstoff und bei der Phosphorsäure eine höhere oder geringere oder, wenn man will, eine höhere und geringere Gabe als die in der Wirtschaft zur Anwendung kommende vorgesehen, während beim Kali eine öftere oder weniger öftere Düngung vorgesehen ist. Es ist dies deshalb geschehen, als man mit Kali nicht so regelmäßig düngt, besonders nicht auf den kalireicheren Böden, und wir über die zweckmäßige Höhe der Kalidüngung, so wie sie sich bei den einzelnen Früchten bewährt hat, genügend orientiert sind (s. Kalidüngung der einzelnen Früchte und Fruchtfolgen). Diese Versuche sind gleichfalls die ganze Fruchtfolge hindurch anzustellen und zu wiederholen. Auf diesen Versuchsparzellen haben selbstverständlich, so wie auf den zuerst angeführten, genau dieselben Stallmist- und Gründüngungen stattzufinden, wie sie in der betreffenden Fruchtfolge sonst in der Wirtschaft in Anwendung kommen.

Beispiel:

1. Jahr: Kartoffeln in 200 dz Stalldünger.
2. Jahr: Weizen mit Gründüngungseinsaat.
3. Jahr: Rüben in Gründüngung.
4. Jahr: Gerste.
5. Jahr: Roggen.
6. Jahr: Rüben in 300 dz Stalldünger.
7. Jahr: Weizen.
8. Jahr: Hafer.

In dieser Fruchtfolge werden z. B. die verschiedenen Nährstoffmengen bei den Kartoffeln neben Stalldünger, bei den Rüben einmal neben Gründüngung, das andere Mal neben Stalldünger, bei den anderen Früchten in zweiter, dritter oder späterer Tracht zu prüfen sein.

Der Phosphorsäuredüngungsversuch wird sich meist nicht so notwendig erweisen, da das Phosphorsäurebedürfnis in den meisten Wirtschaften durch die üblichen Phosphorsäure- und Stallmistdüngungen voll und ganz gedeckt wird. Notwendiger sind der Stickstoff- und Kaliversuch, da man über die zweckmäßige

Höhe der Stickstoffdüngung und über das Kalibedürfnis meist nicht genügend orientiert ist.

Bei der Prüfung der Stickstoff-, Phosphorsäure- und Kalidüngung muß selbstverständlich ein guter Kalkzustand des Bodens vorhanden sein und falls derselbe nicht vorhanden ist, eine Grunddüngung mit Kalk stattfinden, die sich alle 4—6 Jahre zu wiederholen hat. Will man besonders einen Versuch über das Kalkbedürfnis des Bodens anstellen, so hat man neben den obigen Parzellen noch eine Parzelle mit Kalk (Stickstoff, Phosphorsäure, Kali, Kalk) anzulegen.

II. Feldversuche über die Wirkung der verschiedenen Formen der Düngemittel.

Bei diesen Versuchen sollen in ihrer Wirkung verglichen werden die verschiedenen Stickstoffdünger: Chilesalpeter, Kalksalpeter, schwefelsaures Ammoniak, Kalkstickstoff, organische Stickstoffdünger usw.; die verschiedenen Phosphorsäuredünger: Superphosphat, Präzipitat, Thomasmehl, Knochenmehl usw.; die verschiedenen Kalidünger: Kainit, 40prozent. Kalisalz usw.; die verschiedenen Kalkdünger: Kohlensaurer Kalk, Ätzkalk usw. Bei diesen vergleichenden Versuchen sind gleiche Mengen von Nährstoffen in Form der verschiedenen Düngemittel zu verabfolgen. Aus diesem Grunde treten Unterschiede in der Wirkung der zu prüfenden Düngemittel, besonders dann, wenn die Düngemittel ziemlich gleichwertig sind, weit weniger hervor, als bei den ersteren Versuchen, bei welchen es sich um die Feststellung des Nährstoffbedürfnisses im allgemeinen und um die zweckmäßig zu verabfolgenden Mengen an Nährstoffen handelt. Es kann deshalb der Landwirt solche Versuche allein selbst kaum anstellen.

Die Versuche über die Wirkung der verschiedenen Formen der Düngemittel stellt man am besten nach der Methode Wagner auf kleineren Versuchsparzellen an, wobei man eine mehrfache Kontrolle der Einzelversuche, mindestens eine drei-, besser noch eine vier- oder mehrfache vorzunehmen hat. Die Gaben der einzelnen Düngungen dürfen bei diesen Versuchen nicht zu hoch bemessen werden, damit Unterschiede in der Wirkung der Düngemittel genügend hervortreten. Als zweckmäßige Größe hat sich eine solche von 100 qm (1 a) bewährt, die auch insofern ganz zweckmäßig ist, als die auf diesen Parzellen gewonnenen Kilogramme Erntesubstanz Doppelzentner Erntesubstanz pro Hektar darstellen. Für diese Versuche ist ganz besonders eine sehr gleichmäßige Fläche auszuwählen, auf welcher die einzelnen Kontrollparzellen nicht nebeneinander, sondern in richtiger Verteilung anzulegen sind (s. das nachfolgende Beispiel). Das Gewicht der Ernte wird an Ort und Stelle auf einer fahrbaren Wage festgestellt und dabei eine größere genaue Durchschnittsprobe entnommen. Bei dem Getreide wird dann später durch Benutzung von kleineren Maschinen in der Probe das Verhältnis von Körnern und Stroh festgestellt, wonach die Umrechnung auf die ganze Parzelle erfolgt. Da der Wassergehalt, der auf dem Felde festgestellten Ernte und der nachgetrockneten Probe genau ermittelt wird, kann die Ernte auf Trockensubstanz oder

auf einen normalen Wassergehalt, welcher bei Körnern und Stroh gewöhnlich zu 14% angenommen wird, umgerechnet werden. Diese Methode macht uns vom Wetter unabhängig und ermöglicht es, Versuche in großem Umfange und in größerer Entfernung auszuführen. Einige Beispiele aus der Hallenser Versuchstätigkeit mögen zeigen, in welcher Weise diese Versuche zur Ausführung kommen:

Beispiel 1.

Versuch über die Wirkung verschiedener Stickstofformen, verbunden mit höheren Stickstoffgaben, ausgeführt auf einem feuchten Sandboden mit Roggen.

Es sollten bei diesem Versuch geprüft werden: Chilesalpeter, Ammoniaksalz (schwefels. Ammoniak), Kalknitrit, Kalkstickstoff. Daneben sollten noch höhere und niedrigere Gaben von Stickstoff in Form von Chilesalpeter geprüft werden und zwar: 30 kg, 60 kg und 90 kg Stickstoff pro Hektar (1, 2, 3 Ztr. Salpeter pro Morgen). Die Anlage der einzelnen Parzellen erfolgte dreifach. Sämtliche Parzellen erhielten eine ausreichende Grunddüngung von Kali und Phosphorsäure; von einer Kalk-Grunddüngung konnte abgesehen werden, da sich der Boden in einem guten Kalkzustande befand. Es erhielten:

Parzellen 1 a b c keinen Stickstoff
„ 2 a b c 30 kg Stickstoff pro Hektar in Form von Chilesalpeter
„ 3 a b c 30 „ „ „ „ „ „ „ Ammoniaksalz
„ 4 a b c 30 „ „ „ „ „ „ „ Kalknitrit
„ 5 a b c 30 „ „ „ „ „ „ „ Kalkstickstoff
„ 6 a b c 60 „ „ „ „ „ „ „ Chilesalpeter
„ 7 a b c 90 „ „ „ „ „ „ „ Chilesalpeter.

Sämtliche Stickstoffdünger wurden im Frühjahr gegeben.

Die Anlage der Parzellen war die folgende:

Anlage der Parzellen:

1	2	3	4	5	6	7
4	5	6	7	3	2	1
5	6	7	1	2	3	4

Das Ergebnis des Versuches war das folgende:

Ergebnis: Winterroggen, feuchter Boden.

Nr. des Teilstücks	Grunddüngung: 0,6 kg Kali pro a = 60 kg pro ha, 0,5 kg Phosphorsäure pro a = 50 kg pro ha	Ertrag von 1 a: Einzelerträge Stroh kg	Einzelerträge Körner kg	Mittelertrag Stroh kg	Mittelertrag Körner kg	Mehrertrag gegen stickstofffreie Düngung Stroh kg	Mehrertrag gegen stickstofffreie Düngung Körner kg	100 kg Chilesalpeter[1]) bezw. d. entsprechende Menge Ammoniaksalz usw. ergaben Mehrertrag kg	Gehalt der Erntesubstanz an Stickstoff Stroh %	Gehalt der Erntesubstanz an Stickstoff Körner %	Stickstoff in der Gesamternte kg	Stickstoff i. d. Gesamternte abzügl. stickstofffreie Düngung kg	Von je 100 Teilen des in der Düngung gegebenen Stickstoffs sind in der Ernte zurückgewonnen Teile
1 a	Ohne Stickstoff	23,00	**14,74**										
1 b		24,45	**14,00**	23,63	**14,48**	—	—	—	0,48	1,53	0,335	—	—
1 c		23,44	**14,71**										
2 a	Chilesalpeter, 0,3 kg Stickstoff pro a = 30 kg pro ha	38,94	**22,67**										
2 b		36,20	**21,56**	37,24	**22,05**	13,61	**7,57**	**391**	0,41	1,33	0,446	0,111	**37,0**
2 c		36,59	**21,93**										
3 a	Ammoniaksalz, 0,3 kg Stickstoff pro a = 30 kg pro ha	34,63	**21,24**										
3 b		34,09	**20,90**	35,71	**21,72**	12,08	**7,24**	**374**	0,38	1,33	0,425	0,090	**30,0**
3 c		38,42	**23,01**										
4 a	Kalknitrit, 0,3 kg Stickstoff pro a = 30 kg pro ha	33,38	**20,28**										
4 b		32,19	**21,57**	34,04	**21,25**	10,41	**6,77**	**350**	0,43	1,41	0,446	0,111	**37,0**
4 c		36,55	**21,90**										
5 a	Kalkstickstoff, 0,3 kg Stickstoff pro a = 30 kg pro ha	28,45	**21,51**										
5 b		34,23	**21,10**	32,16	**21,00**	8,53	**6,52**	**337**	0,43	1,37	0,426	0,091	**30,3**
5 c		33,80	**20,40**										
6 a	Chilesalpeter doppelte Menge in 2 Gaben, 0,6 kg Stickstoff pro a = 60 kg pro ha	47,20	**27,35**										
6 b		48,67	**30,00**	48,60	**29,02**	24,97	**14,54**	**376**	0,46	1,39	0,627	0,292	**48,7**
6 c		49,92	**29,72**										
7 a	Chilesalpeter dreifache Menge in 2 Gaben, 0,9 kg Stickstoff pro a = 90 kg pro ha	56,10	**30,02**										
7 b		51,42	**30,19**	54,46	**30,72**	30,83	**16,24**	**280**	0,58	1,50	0,777	0,442	**49,1**
7 c		55,86	**31,94**										

[1]) Chilesalpeter zu 15,5 % N gerechnet.

Wie die Zahlen der Tabelle zeigen, hatten bei diesem Versuch die verschiedenen Stickstofformen: Chilesalpeter, Ammoniaksalz (schwefelsaures Ammoniak), Kalknitrit und Kalkstickstoff eine fast gleiche Wirkung gezeigt. Es wurden geerntet mit 30 kg Stickstoff pro Hektar in Form von:

Chilesalpeter	22,1 dz Körner
Ammoniaksalz	21,7 „ „
Kalknitrit	21,3 „ „
Kalkstickstoff	21,0 „ „

Die größte Differenz beträgt hiernach nur 1 dz Körner pro Hektar (½ Ztr. pro Morgen). Was die Höhe der Stickstoffgaben betrifft, so hatte sich bei diesem Versuch, welcher auf einem feuchten Sandboden ausgeführt wurde, die höhere Stickstoffgabe von 60 kg Stickstoff pro Hektar (2 Ztr. Salpeter pro Morgen) sehr gut bewährt. Es waren bei dieser Düngung rund 29 dz Körner, bei einer Düngung von 30 kg Stickstoff pro Hektar (1 Ztr. pro Morgen) 22 dz Körner geerntet worden. Demnach hatte die höhere Stickstoffgabe gegenüber der niedrigeren Stickstoffgabe einen Mehrertrag von 7 dz Körner pro Hektar (3½ Ztr. pro Morgen) gebracht. Nicht rentiert hatte sich die höchste Stickstoffgabe von 90 kg Stickstoff pro Hektar (3 Ztr. pro Morgen). Bei dieser Düngung wurden 30,7 dz Körner erzeugt, so daß die Ernte gegenüber der Düngung von 60 kg Stickstoff pro Hektar nur noch um 1,7 dz Körner pro Hektar (0,85 Ztr. pro Morgen) gesteigert wurde.

Wie die Zahlen der Tabelle weiter zeigen, sind auch Stickstoffbestimmungen in den Ernteprodukten ausgeführt, um die Stickstoffausnutzung der verschiedenen Stickstofformen festzustellen. Besondere Erläuterungen sind zum Verständnis der Tabelle nicht notwendig, sie wird jedem Landwirt leicht verständlich sein.

Beispiel 2.

Versuch über die Wirkung verschiedener Stickstofformen, ausgeführt auf einem Lößlehmboden mit Futterrüben.

Bei diesem Versuch sollten geprüft werden: Chilesalpeter, Kalksalpeter (Norgesalpeter), Ammoniaksalz (schwefels. Ammoniak), Kalkstickstoff. Die Anlage der einzelnen Parzellen war auch hier dreifach. Sämtliche Parzellen erhielten wieder eine ausreichende Grunddüngung von Kali und Phosphorsäure; von einer Kalk-Grunddüngung konnte bei dem kalkreichen Boden abgesehen werden. Es erhielten:

Parzellen	1 a b c	keinen Stickstoff
„	2 a b c	60 kg Stickstoff pro Hektar in Form von Chilesalpeter
„	3 a b c	60 „ „ „ „ „ „ „ „ Kalksalpeter
„	4 a b c	60 „ „ „ „ „ „ „ „ Ammoniaksalz
„	5 a b c	60 „ „ „ „ „ „ „ „ Kalkstickstoff

Das Ergebnis des Versuches war das folgende:

Ergebnis: Futterrüben,

Nr. des Teilstücks	Grunddüngung: 1,2 kg Kali pro a = 120 kg pro ha 1,0 kg Phosphorsäure pro a = 100 kg pro ha	Ertrag von 1 a frisch						100 kg Chilesalpeter bezw. d. entsprechende Menge Ammoniaksalz usw. ergaben Mehrertrag
		Einzelerträge		Mittelertrag		Mehrertrag gegen stickstofffreie Düngung		
		Kraut	Wurzeln	Kraut	Wurzeln	Kraut	Wurzeln	
		kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg
a	Ohne Stickstoff	94,5	**523,6**					
1 a		94,4	**500,2**	95,5	**511,7**	—	—	—
c		97,7	**511,4**					
a	Chilesalpeter, 0,6 kg Stickstoff	138,6	**745,6**					
2 b	pro a = 60 kg pro ha	142,1	**755,8**	137,2	**752,8**	41,7	**241.1**	**6228**
c		130,8	**756,9**					
a	Kalksalpeter, 0,6 kg Stickstoff	130,1	**717,0**					
3 b	pro a = 60 kg pro ha	141,6	**747,5**	136,8	**731,9**	41,3	**220,2**	**5688**
c		138,7	**731,3**					
a	Ammoniaksalz, 0,6 kg Stickstoff	124,0	**716,9**					
4 b	pro a = 60 kg pro ha	128,9	**711,0**	127,1	**713,3**	31,6	**201,6**	**5207**
c		128,5	**711,9**					
a	Kalkstickstoff, 0,6 kg Stickstoff	124,9	**722,2**					
5 b	pro a = 60 kg pro ha	130,1	**657,3**	126,7	**692,2**	31,2	**180,5**	**4662**
c		125,1	**697,1**					

Wie die Zahlen der Tabelle zeigen, sind neben den Erträgen an frischer Substanz auch die Erträge an Trockensubstanz bestimmt worden, auf welche es ja ankommt. Es hatte bei diesem Versuch, welcher auf einen Lößlehmboden ausgeführt worden war, der Chilesalpeter den höchsten Rohertrag gebracht. Der Trockensubstanzgehalt der Rüben war aber durch die Salpeterdüngung so erniedrigt worden, daß die Erträge an Trockensubstanz auf den Parzellen mit Chilesalpeter, Kalksalpeter und Ammoniaksalz ungefähr die gleichen waren. Der geringste Ertrag war auf den Parzellen mit Kalkstickstoff zu verzeichnen. Außerdem sind auch hier wieder Stickstoffbestimmungen in den Ernteprodukten ausgeführt, um die Stickstoffausnutzung der Stickstoffdünger festzustellen.

Beispiel 3.

Versuch über die Wirkung verschiedener Kaliformen bei Herbst- und Frühjahrsdüngung, ausgeführt auf einem Lößlehmboden mit Kartoffeln.

Bei diesem Kaliversuch sollten geprüft werden: Kainit und 40prozent. Kalisalz bei Herbst- und Frühjahrsdüngung und zwar einerseits in reiner Mineraldüngung, anderseits neben Stalldünger. Auch hier erfolgte die Anlage

Lößlehmboden.

Ertrag von 1 a Trockensubstanz							Gehalt der Wurzeln an Trockensubstanz	Gehalt der frischen Erntesubstanz an Stickstoff		Stickstoff		Von je 100 Teilen des in der Düngung gegebenen Stickstoffs sind in der Ernte zurückgewonnen
Einzelerträge		Mittelertrag		Mehrertrag gegen stickstofffreie Düngung		100 kg Chilesalpeter bzw. die entsprechende Menge Ammoniaksalz usw. ergaben Mehrertrag				in der Gesamternte	in der Gesamternte abzüglich stickstofffreie Düngung	
Kraut	Wurzeln	Kraut	Wurzeln	Kraut	Wurzeln			Kraut	Wurzeln			
kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	%	%	%	kg	kg	Teile
13,5	**66,9**											
14,7	**65,5**	13,7	**66,1**	—	—	—	12,93	0,299	0,085	0,721	—	—
12,9	**66,0**											
16,7	**91,2**											
18,3	**87,0**	16,9	**88,0**	3,2	**21,9**	**566**	11,70	0,302	0,096	1,137	0,416	**69,3**
15,7	**85,9**											
18,3	**86,4**											
19,6	**89,8**	18,8	**88,1**	5,1	**22,0**	**568**	12,03	0,311	0,108	1,215	0,494	**82,3**
18,5	**88,1**											
16,0	**87,6**											
17,4	**90,0**	16,2	**89,1**	2,5	**23,0**	**594**	12,49	0,307	0,104	1,132	0,411	**68,5**
15,1	**89,6**											
17,2	**88,1**											
18,7	**79,3**	17,4	**83,8**	3,7	**17,7**	**457**	12,10	0,314	0,094	1,049	0,328	**54,7**
16,3	**84,0**											

der Parzellen dreifach. Sämtliche Parzellen erhielten eine ausreichende Grunddüngung von Stickstoff und Phosphorsäure. Von einer Kalk-Grunddüngung konnte abgesehen werden, da der Kalkzustand des Bodens ein guter war. Es erhielten:

Mineralparzellen.

Parzellen 1 a b c kein Kali
„ 2 a b c 120 kg Kali in Form von Kainit, Herbst
„ 3 a b c 120 „ „ „ „ „ Kainit, Frühjahr
„ 4 a b c 120 „ „ „ „ „ 40prozent. Kalisalz, Herbst
„ 5 a b c 120 „ „ „ „ „ 40prozent. Kalisalz, Frühjahr

Stalldüngerparzellen.

Parzellen 6 a b c kein Kali
„ 7 a b c 120 kg Kali in Form von Kainit, Herbst
„ 8 a b c 120 „ „ „ „ „ Kainit, Frühjahr
„ 9 a b c 120 „ „ „ „ „ 40prozent. Kalisalz, Herbst
„ 10 a b c 120 „ „ „ „ „ 40prozent. Kalisalz, Frühjahr

Das Ergebnis war das folgende:

Ergebnis: Kartoffeln,

Nr. des Teilstücks	Grunddüngung: 0,3 kg Stickstoff pro a = 30 kg pro ha 1,0 kg Phosphorsäure pro a = 100 kg pro ha	Ertrag			
		Einzelerträge		Mittelertrag	
		Knollen		Knollen	
		frisch kg	Trockensubstanz kg	frisch kg	Trockensubstanz kg
	Mineralparzellen:				
1 a	Ohne Kali	223,5	63,4		
b		243,9	69,9	233,8	66,5
c		234,0	66,3		
2 a	Kainit, Herbst, 1,2 kg pro a = 120 kg pro ha	276,3	76,6		
b		259,2	71,1	268,7	75,7
c		270,6	79,3		
3 a	Kainit, Frühjahr, 1,2 kg pro a = 120 kg pro ha	264,7	72,4		
b		255,3	69,1	264,7	72,3
c		274,0	75,5		
4 a	40prozent. Kalisalz, Herbst, 1,2 kg pro a = 120 kg pro ha	286,9	80,6		
b		279,5	77,6	284,0	79,4
c		285,7	79,9		
5 a	40prozent. Kalisalz, Frühjahr, 1,2 kg pro a = 120 kg pro ha	276,4	74,9		
b		270,1	74,8	267,1	73,7
c		254,9	71,4		
	Stalldüngerparzellen:				
6 a	Ohne Kali	284,6	81,7		
b		288,9	81,6	286,8	80,7
c		287,0	78,7		
7 a	Kainit, Herbst, 1,2 kg pro a = 120 kg pro ha	294,8	80,9		
b		297,0	77,4	293,7	79,0
c		289,4	78,8		
8 a	Kainit, Frühjahr, 1,2 kg pro a = 120 kg pro ha	299,3	77,8		
b		294,9	79,3	294,0	78,7
c		287,7	79,0		
9 a	40prozent. Kalisalz, Herbst, 1,2 kg pro a = 120 kg pro ha	304,1	80,5		
b		296,6	78,0	297,7	80,9
c		292,3	84,3		
10 a	40prozent. Kalisalz, Frühjahr, 1,2 kg pro a = 120 kg pro ha	295,7	81,3		
b		296,7	79,1	291,9	79,5
c		283,2	78,2		

Auch hier sind, wie die Zahlen der Tabelle zeigen, neben den Erträgen an frischer Substanz die Erträge an Trockensubstanz festgestellt. Bei diesem Versuch, welcher ebenfalls auf einem Lößlehmboden ausgeführt worden war, hatten die Kalisalze, wie die Erträge zeigen, auf den Stalldüngerparzellen eine günstige Wirkung nicht gezeigt; es hatte das Kali des Stalldüngers für das Kalibedürfnis der Kartoffel ausgereicht. Ganz anders gestaltete sich die Kali-

Lößlehmboden.

von 1 a				Kali		
Mehrertrag gegen kalifreie Düngung		Gehalt der Knollen an Trockensubstanz	Gehalt der Erntesubstanz an Kali	in der Gesamternte	in der Gesamternte abzüglich kalifreie Düngung	Von je 100 Teilen des in der Düngung gegebenen Kalis sind in der Ernte zurückgewonnen
Knollen			Knollen			
frisch	Trockensubstanz					
kg	kg	%	%	kg	kg	Teile
—	—	28,45	0,430	1,005	—	—
+ **34,9**	+ **9,2**	28,15	0,526	1,413	0,408	**34,0**
+ **30,9**	+ **5,8**	27,32	0,497	1,316	0,311	**25,9**
+ **50,2**	+ **12,9**	27,94	0,528	1,500	0,495	**41,3**
+ **33,3**	+ **7,2**	27,60	0,483	1,290	0,285	**23,8**
—	—	28,13	0,484	1,388	—	—
+ **6,9**	— **1,7**	26,91	0,544	1,598	0,210	**17,5**
+ **7,2**	— **2,0**	26,78	0,568	1,670	0,282	**23,5**
+ **10,9**	+ **0,2**	27,20	0,543	1,617	0,229	**19,1**
+ **5,1**	— **1,2**	27,25	0,555	1,620	0,232	**19,3**

wirkung auf den Mineralparzellen. Hier waren durch die Kalisalze die Erträge erheblich gesteigert worden; am besten hatte bei den Kartoffeln gewirkt eine Herbstdüngung in Form des 40prozent. Kalisalzes. Außerdem sind Kalibestimmungen ausgeführt, um die Kaliausnutzung der Dünger zu ermitteln.

Diese Beispiele zeigen, daß derartige Versuche der Landwirt allein nicht oder sehr schwer ausführen kann, auch wenn die Bestimmung der aufgenommenen Nährstoffmenge, die nicht erforderlich ist, unterbleibt.

Es möge zum Schluß noch besonders hervorgehoben werden, daß sämtliche Feldversuche eine längere Reihe von Jahren durchgeführt und daß sie vor allen Dingen auch richtig angestellt werden müssen. Man stellt sich vielfach auf den Standpunkt, daß ein dreijähriger Versuch genügt. Das ist nicht der Fall. Die Jahreswitterung beeinflußt die Ergebnisse in den einzelnen Jahren in so verschiedener Weise, daß immer eine längere Reihe von Jahren für die Prüfung von Düngungs- und auch von Sortenfragen notwendig ist. So werden zum Beispiel auf den durchlässigen Sandböden, wie unsere langjährigen Versuche zeigen, die zu Wintergetreide im Herbst gegebenen Stickstoffdüngungen in normalen Jahren fast vollständig ausgewaschen und zeigen deshalb immer in solchen Jahren eine ganz geringe Wirkung. Bei sehr trocknem Winter und Frühjahr kann es nun aber, wie unsere Versuche zeigen, vorkommen, daß die im Herbst gegebenen Stickstoffdüngungen erhalten bleiben und dann besser abschneiden als die im Frühjahr gegebenen Kopfdüngungen, welche zunächst bei einem solchen trocknen Frühjahr nicht zur Wirkung kommen. Ist nun unter drei Jahren ein solches Versuchsjahr vorhanden, so bekommt man im Durchschnitt solcher drei Jahre ein ganz anderes Bild als im Durchschnitt von drei normalen Jahren. Hat man andererseits nur drei normale Jahre vor sich, so hat man nicht Gelegenheit gehabt, jene Erscheinung, die sich in einem trocknen Jahre zeigt, festzustellen. Ebenso sieht es bei der Sortenfrage aus. In der Versuchswirtschaft Lauchstädt schnitten z. B. drei Jahre hintereinander die Chevaliergersten besser ab, als die Landgersten, in allen drei folgenden Jahren die Landgersten wieder besser als die Chevaliergersten. Der Grund hierfür war, daß in den ersten drei Jahren die Witterungsverhältnisse für die später reifenden Chevaliergersten günstigere, in den späteren drei Jahren die Witterungsverhältnisse für die früher reifenden Landgersten günstigere waren. Vor allen Dingen müssen auch alle Feldversuche richtig und bis zu Ende gewissenhaft durchgeführt werden. Ein falsch angelegter oder schlecht durchgeführter Versuch, der zu falschen Schlüssen führt, ist viel nachteiliger für den Landwirt, als gar kein Versuch.

Register.

Absorption der Nährstoffe durch den Boden 196.
Äpfelsäure 133.
Ätzkalk 356.
Agrikulturkreidephosphat 321.
Agrikulturphosphat siehe Agrikulturkreidephosphat.
Aktinolith 144.
Albit 144.
Albumine 135.
Albumosen 13, 135.
Algen 61.
Alkaloide 137.
Allgemeine Bedingungen für die Anwendung der Düngemittel 372.
Aluminiumphosphat siehe phosphorsaure Tonerde.
Amethyst 142.
Amide 93, 136.
Amine 93, 136.
Aminosäuren 93, 136.
Ammoniaksalpeter siehe salpetersaures Ammoniak.
Ammoniaksalpeter-Superphosphat 299.
Ammoniaksalz siehe schwefelsaures Ammoniak.
Ammoniaksalze 80, 82.
„ synthetisch hergestellte 282.
Ammoniaksuperphosphat 297.
„ Anwendung 269, 297.
Andesin 144.
Andesit 152.
Anlagen von Feldversuchen 466.
Anhydrit 148, 160.
Anorthit 144.
Anthophyllit 144.
Apatit 147.
Asbest 144.
Asche 105.
Aschenbestandteile 105.
Aschengehalt der Pflanzen 108, 129.
Asparagin 93, 136.
Assimilation des freien atmosphärischen Stickstoffs 44.
Assimilation der Kohlensäure 21.
Assimilationsprodukte 28.
Atmung, intramolekulare 30.
Atmungsprozeß 30.
Augite 144.
Ausscheidungssedimente 156, 158.
Auswaschen der Nährstoffe 198.
Azotobakter-Organismen 61.
Azotogen 58.

Bakterien, denitrifizierende 98.
„ stickstoffassimilierende 44, 49, 50, 61.
Bakteroiden 49.
Basalte 152, 153.
Betain 93, 136.
Bergkieserit 333.
Bergkristall 142.
Bewässerung 40, 212.
Biotit 144.
Blutmehl 98, 283.
Bohnen 449.
„ Düngung 450.
Boden 139.
„ Analyse, mechanische 182.
„ „ chemische 187.

Boden Absorption 196.
„ Arten, Charakterisierung 207.
„ Bearbeitung 211.
„ Bildung 161.
„ Probenahme 182.
„ physikalische Vorgänge 161.
„ chemische Vorgänge 163.
„ biologische Vorgänge 167.
Böden, Einteilung 179.
„ Eigenschaften 181.
„ mechanische Zusammensetzung 181, 184.
„ chemische Zusammensetzung 184, 186.
„ Nährstoffbedürfnis der 187.
Brache 74, 75.
Brauneisenstein 149.
Breccien 156.
Bronzit 144.
Buchführung über den Nährstoffhaushalt des Bodens 199.
Buttersäure 133.
Bytownit 144.

Carnallit 150, 333.
Chemisch-physiologische Vorgänge bei der Keimung 11.
Chilesalpeter 150, 264.
„ Zusammensetzung 265.
„ Verbrauch 265.
„ Anwendung 267.
Chinin 137.
Chlor 114.
Chlorammonium 82, 117.
Chlorgehalt der Pflanzen 114, 116, 117.
Chloride 149.
Chlorit 144.
Chlorkalium 117, 119, 149, 328, 333.
Chlorkalzium 117, 149.
Chlormagnesium 117, 126, 149.
Chlornatrium 117, 119, 149.
Chlorophyll 26.
Chloroplasten 27.
Chlorverbindungen 149.
Cholin 136.
Clostridium-Organismen 61.
Colchicin 137.
Coniin 137.
Cyanamid 96.
Cyanophyceen 61.
Cyanverbindungen 96.

Dazit 152.
Denaturierte Eiweißstoffe 135.
Denitrifikation 98, 176.
Dextrine 131.
Dextrose 11, 130.
„ Produkt der Assimilation 28.
Diabas 153.
Diallag 144.
Diastase 11, 28, 135.
Disaccharide 130.
Diopsid 144.
Diorit 152.
Dolomit 146, 159.
Dolomitische Mergel 128.
Doppelsuperphosphat 298.
Düngemittel 215.
„ Allgemeine Bedingungen für die Anwendung 372.
„ Art und Anwendung 215.
„ Unterbringung 374.
Düngerstätten 224, 231.
Düngung 214, 377.
„ der Zuckerrübe 386.
„ „ Futterrübe 398.
„ „ Samenrüben 404.
„ „ Kartoffel 406.
„ des Roggens 421.
„ „ Weizens 430.
„ „ Hafers 438.
„ der Gerste 441.
„ des Rapses, Rübsens und
„ Mohns 449.
„ der Bohnen, Erbsen, Wicken
„ 449.
„ der Kleearten 451.
„ der Wiesen und Weiden 452.

Eisen 128.
Eisengehalt der Pflanze 128.
Eisenglanz 149.
Eisenhydroxyd 149.
Eisenoxyd 149.
Eisenoxyduloxyd 149.
Eiweiß abbauende Enzyme 135.
Eiweißbildung durch niedere Organismen 98, 176.
Eiweißgehalt der Pflanze 136.
Eiweißkörper, Bildung in der Pflanze 30, 43.
„ ihre Veränderung bei der Keimung 13.

Eiweißstoffe als Pflanzennährstoffe 97.
„ denaturierte 135.
„ der Pflanze 134.
„ Zusammensetzung 135.
Endlaugenkalk 359.
Enstatit 144.
Enzyme 11, 28, 135.
Epidot 145.
Erbsen 49.
„ Düngung 50.
Ergrünen der Pflanze 27.
Ernährung der Keimpflanze 4.
„ „ grünen Pflanze 19.
Eruptivgesteine 151, 152.
Essigsäure 133.

Fäkalien, menschliche 248, 249.
Feldspate 144.
Feldversuche, Anlagen derselben 466.
Fette 133.
„ Bildung in der Pflanze 29.
„ bei der Keimung 12.
Fettgehalt der Pflanze 134.
Fettspaltende Enzyme 135.
Fibrine 135.
Fischguano 283.
Fischmehl 98.
Fledermausguano 283.
Fleischdüngemehl 98, 283.
Fleischmehl siehe Fleischdüngemehl.
Fluorkalzium 150.
Flußspat 150.
Formaldehyd, Produkt der Assimilation 28.
Formationen, geologische 141.
Fruchtfolgen, Beispiele für die Düngung derselben 455.
Fruchtzucker 130.
Futterrübe 396.
„ Düngung 398.
„ Beispiel für die Düngung 403.

Gabbro 153.
Galactane 131.
Gebrannter Kalk 356.
Geologische Formationen 141.
Gerölle 156.
Gerste 440.
„ Düngung 441.
„ Beispiel für die Düngung 448.
Geschiebemergel 160.
Gesetz des Minimums 41, 42.
Gesteine 150.
Gips 160, 357, siehe auch schwefelsauren Kalk.
Glaukonit 144.
Glimmer 144.
Glimmerschiefer 154.
Globuline 135.
Glukase 28, 135.
Glukosen 130.
Glutamin 93, 136.
Gneiß 154.
Granat 145.
Granit 152.
Grauwacken 156.
Gründüngung 250.
„ Form und Wirkung 252, 256, 263.
„ Art und Zeit der Unterbringung 254, 260.
„ Beidüngung 255, 261.
„ Stickstoffausnutzung 255, 262.
„ Wirkung im Vergleich zum Stalldünger 263.
Guanin 93, 136.
Guanoarten 283.
Guanophosphate 290.
Gummiarten 131.

Hafer 437.
„ Düngung 438.
„ Beispiel für die Düngung 440.
Handelsdünger 264.
„ Preise und Preiswürdigkeit 370.
Harnarten, Zusammensetzung 216.
Harnsäure 93.
Harnstoff 93.
„ synthetisch hergestellt 282.
„ salpetersaurer 282.
Hartsalz 333, 342.
Hexosen 130.
Hippursäure 93.
Hochmoore 178.
Hochmoorböden 211.
Hofdünger 224.
Hornblenden 144.
Hornmehl 98, 283.
Humusböden 210.
Humusstoffe 171.

Humusstoffe, chem. Bestimmung 185.
Hydroxyde 149.
Hypersthen 144.
Hypoxanthin 93, 136.

Jauche 217.
Impferde 58, 60.
Impfung der Leguminosen 57.
Inkrustierende Bestandteile 131.
Intramolekulare Atmung 30.
Inulin 131.
Invertase 11, 135.
Invertzucker 130.

Kadavermehl 283.
Kainit 148, 150, 333, 342.
Kalidünger 325.
Kalidüngesalze 332, 333.
Kalidüngesalz 40prozent. 333, 334.
Kalifeldspat 144.
Kalifeldspatgesteine 152.
Kaligehalt der Pflanzen 117.
Kaliglimmer 144.
Kalikalk 359.
Kalisalper siehe salpetersaures Kalium.
Kalisalze 160, 325.
„ Gesamtförderung 326.
„ Verbrauch 326.
„ Kalirohsalze 326,
„ Konzentrierte Salze 326.
„ Zusammensetzung 333.
„ Wirkung 334.
„ Allgemeines über die Anwendung 338.
„ Formen 342.
„ Höhe 338, 344.
„ Zeit und Art der Anwendung 342.
„ Preise und Lieferungsbedingungen 345.
Kalium 117.
Kaliumchlorid siehe Chlorkalium.
„ karbonat s. kohlensaures Kalium.
„ phosphat s. phosphorsaures Kalium.
„ sulphat s. schwefelsaures Kalium.
Kalk als Pflanzennährstoff 361.
„ Einfluß auf den Boden in physikalischer Beziehung 366.
„ Einfluß auf den Boden in chemischer Beziehung 366.
„ Einfluß auf den Boden in bakteriologischer Beziehung 366.
Kalkböden 210.
Kalkdünger 354.
„ Wirkung 361.
„ Allgemeines über die Anwendung 367, 376.
Kalkdüngung, Formen 368.
„ Art und Zeit der Anwendung 368.
„ Höhe 369.
Kalke und Kalkgesteine, chemische Zusammensetzung 146, 158, 159.
Kalkfeldspat 144.
Kalkgehalt der Pflanzen 123.
Kalknatriumfeldspatgesteine 152.
Kalknitrit 79.
Kalksalpeter (Norgesalpeter) 77, 280.
Kalkspat 146.
Kalksteinmehl 354.
Kalkstickstoff 96, 278.
„ Verbrauch 279.
„ Zusammensetzung 279.
Kalktuff 146, 159.
Kalzium 123.
„ chlorid siehe Chlorkalzium.
„ karbonat siehe kohlensaurer Kalk.
„ nitrat siehe salpetersauren Kalk.
„ phosphat s. phosphorsauren Kalk.
„ sulfat siehe schwefelsauren Kalk.
Kaolin 145, 157.
Karbonate siehe kohlensaure Salze.
Karotin 27.
Kartoffel 404.
„ Düngung 406.
„ Beispiel für die Düngung 420.
Keimfähigkeit des Saatgutes 16.
Keimleben 4.
Keimprüfung des Saatgutes 18.
Keimungsbedingungen 5.
Keimungsfördernde Substanzen 14.
„ störende Substanzen 14.
Keratophyr 152.
Kies 156.
Kieselerde-Mineralien 142.
Kieselsaure Salze 114, 143.
Kieselsäure 113.
Kieselsäure-Anhydrid s. Siliciumdioxyd.
Kieserit 148.
Kleearten 451.
„ Düngung 451.
Klinaugite 144.
Kochsalz 149.

Kohlehydrat-Enzyme 135.
Kohlehydrate der Pflanze 130.
Kohlensaure Alkalien 147.
Kohlensaures Ammoniak 82, 147.
„ Eisen 147.
„ Kali 147.
Kohlensaurer Kalk 124, 146, 354.
Kohlensaure Magnesia 126, 146.
Kohlensaures Natron 147.
Kohlensaure Salze 146.
Kohlensäure als Nährstoff 19.
„ -Assimilaton 21.
„ -gehalt der Luft 21.
Kohlenstoffquelle der stickstoffassimilierenden Bodenorganismen 63.
Knochenmehl 98, 284.
„ -Superphosphat 284.
„ Wirkung 284, 285, 319.
Knöllchenbakterien 49.
Komposidünger 249.
Konglomerate 156.
Konservierung des Stalldüngers 227.
Koprolithe 147.
Korallenkalk 159.
Körnerkalk 356.
Kotarten, Zusammensetzung 216.
Kreide 146, 159.
Kristallinische Massengesteine 150, 151.
„ „ chemische Zusammensetzung 154.
„ Schiefergesteine 154.
„ „ chemische Zusammensetzung 154.
Kulturpflanzen, Düngung 377.
Kunstdünger 264.
Künstliche Bewässerung 212.
Künstliche Düngemittel s. Kunstdünger.
„ „ Preise u. Preiswürdigkeit der Handelsdünger 370.
Kutin 131.

Labrador 144.
Langbeinit 148.
Lävulose 130.
Leguminosen, Stickstoffassimilation 44.
„ Impfung 57.
Ledermehl 283.
Lehm 157.
Lehmböden 208.
Leuzin 93, 136.
Leuzit 144.
Leuzitgesteine 152.
Licht bei der Kohlensäure-Assimilation 23.
Lignin 131.
Liparit 152.
Lipase 12.
Lipasen siehe fettspaltende Enzyme.
Löß 156.
Luftstickstoffprodukte 277.
Lupinin 137.
Luzerne 451.
„ Düngung 451.

Magnesiagehalt der Pflanzen 125.
Magnesia-Eisenglimmer 144.
Magnesiasalpeter 77.
Magnesium 125.
Magnesiumchlorid siehe Chlormagnesium.
Magnesiumkarbonat siehe kohlensaure Magnesia.
Magnesiumnitrat siehe salpetersaure Magnesia.
Magnesiumphosphat siehe phosphorsaure Magnesia.
Magnesiumsulfat siehe schwefelsaure Magnesia.
Magneteisenerz 149.
Magnetit 149.
Maltase 11, 28, 135.
Maltose 11, 130.
Mannane 131.
Markasit 149.
Marmor 146, 158.
Maximum der Produktion 129.
Melaphyr 153.
Menschliche Ausscheidungen 248.
„ „ Zusammensetzung 248, 249.
Mergel 159, 354.
„ chemische Zusammensetzung 160.
„ dolomitische 128.
Mikroklin 144.
Milchsäure 133.
Milchzucker 130.
Mineralien 142.
Mineralische Nährstoffe der Keimpflanze 5.
Mineralstoffe, Nährstoffe für die Pflanze 105.
„ Nährstoffe für die stickstoffsammelnden Bodenbakterien 65.
Mineralstoffgehalt der Pflanzen 108.

Mineralsubstanzen bei der Keimung 13.
Mohn 448.
„ Düngung 449.
Monosaccharide 130.
Moorbildung 178.
Moorböden 210.
Moore 178.
„ chemische Zusammensetzung 179.
Muschelkalk 159.
Muskovit 144.

Nährstoffbedürfnis der Böden 187.
Nährstoffe des Bodens, Buchführung 199.
„ „ Stalldüngers, Ausnutzung 243.
Nährstoffverluste durch Sickerwässer 198.
Natrium 119.
Natriumchlorid siehe Chlornatrium.
Natriumkarbonat s. kohlensaures Natron.
Natriumphosphat siehe phosphorsaures Natrium.
Natriumsulfat s. schwefelsaures Kalium.
Natronfeldspat 144.
Natrongehalt der Pflanzen 119.
Natronkalifeldspatgesteine 152.
Natronkalkfeldspate 144.
Natronkalkfeldspatgesteine 153.
Natronsalpeter 77, 150, 264.
Naturdünger 215.
Nephelin 144.
Nephelingesteine 152.
Niederungsmoorböden 211.
Niederungsmoore 178.
Nikotin 137.
Nitragin 58.
Nitrate siehe salpetersaure Salze.
Nitrite siehe salpetrigsaure Salze.
Norgesalpeter 280.
„ Zusammensetzung 281.
„ Produktion 281.
Normen für Zuckerrübensamenhandel 16.
Nukleoalbumine 135.

Oele 133.
Oleinfett 29, 133.
Oligoklas 144.
Olivin 145.
Olivingesteine 153.
Organische Nährstoffe der Keimpflanze 5.
„ Phosphorsäuredünger 318.
„ Stickstoffdünger 282.
Organische Stickstoffdünger, Wirkung 289.
Organische Substanzen, Bestandteile der Pflanzen 129.
„ „ Einfluß auf die Ausnutzung der löslichen Stickstoffverbindungen 98.
Orthoklas 144.
Ortstein 149, 156.
Oxalsäure 133.
Oxydasen 135.
Oxyde 149.
Oxydierende Enzyme 135.

Palmitinfett 29, 133.
Pektinstoffe 131.
Pentosane 131.
Pentosen 131.
Peptasen 13.
Peptische Enzyme 135.
Peptone 135.
„ bei der Keimung 13.
Peruguano 98, 283.
Pflanze, Zusammensetzung 129.
„ Eiweißstoffe 134.
„ Proteingehalt 136.
„ stickstoffhaltige Stoffe 134.
„ Wassergehalt 31, 129.
„ Aschengehalt 108.
„ Gehalt an organischen Stoffen 129.
„ stickstofffreie Stoffe 130.
„ Kohlehydrate 130.
„ Fettgehalt 134.
Pflanzensäuren 133.
„ Bildung in der Pflanze 29.
Phonolith 152, 350.
Phosphate 147.
Phosphor 110.
Phosphorsaures Kalium 113, 119.
„ Natrium 113.
„ Ammoniak 82, 113.
„ Eisen 148.
Phosphorsaurer Kalk 113, 124.
Phosphorsaure Magnesia 113, 126.
„ Salze 147.
„ Tonerde 148.
Phosphorsäuredünger 290.
„ organische 318.
„ Allgemeines über die Anwendung 321.
Phosphorsäuredüngung, Höhe 321, 325.

Phosphorsäuredüngung, Form 324.
„ Zeit und Art der Anwendung 324.
Phosphorsäuregehalt der Pflanzen 110.
Plagioklase 144.
Plutonite 151, 152.
Plutonitporphyre 151, 152.
Polyhalit 148.
Polysaccharide 131.
Porphyr 152.
Porphyrit 152.
Porzellanton siehe Kaolin.
Poudrette 284.
Präzipitat 305.
Preise und Preiswürdigkeit der Handelsdünger 370.
Probenahmevorschriften für die Prüfung des Saatgutes 17.
Produktion, Maximum 129, 137.
Proteide 135.
Proteinasen 13.
Proteine siehe Eiweißstoffe.
Proteingehalt der Pflanze 136.
Proteolytische Enzyme siehe eiweißabbauende Enzyme.
Pyrit 149.

Quarz 142.
Quarzsand 142.
Quellung der Samen 7.

Raffinose 131.
Raps 448.
„ Düngung 449.
Raseneisenerz 149.
Raubbau 203.
Ricinin 137.
Roggen 421.
„ Düngung 42.
„ Beispiel für die Düngung 428.
Rohphosphate 290.
„ Verbrauch 291, 292.
„ Wirkung 321.
Rohrzucker 130.
„ Bildung in der Pflanze 29.
Roteisenstein 149.
Rüben siehe Futter- und Zuckerrüben.
Rübensamen siehe Samenrüben.
Rückstände der Pottaschefabrikation 357.
„ „ Sodafabrikation 358.
„ „ Acetylen-Gasfabrikation 358.
Rübsen 448.
„ Düngung 449.

Saatgut, Beurteilung 15.
„ Wassergehalt 15.
„ Reinheit 16.
„ Keimfähigkeit 16.
„ Keimprüfung 18.
„ Probenahmevorschriften für die Prüfung des 17.
Salpeterbildung 172.
Salpeterzersetzung 98, 176.
Salpetersaures Ammoniak 77, 82, 150.
Salpetersaures Kalium 77, 119.
Salpetersaurer Kalk 124, 150.
Salpetersaure Magnesia 150.
Salpetersaure Salze 76, 150.
Salpetersaures Natron 77, 150.
Salpeter-Superphosphat 299.
Salpetrigsaure Salze 79.
Salzton 157.
Samendüngung 5.
Samenrüben 404.
„ Beispiel für die Düngung 404.
Sandböden 207.
Sande 156.
Sandsteine 142, 156.
„ chem. Zusammensetzung 156.
Sauerstoff als Keimungsbedingung 9.
„ Nährstoff der Pflanze 30.
Sedimentgesteine 151, 155.
Seeerz 149.
Serpentin 144.
Serpentingesteine 153.
Sickerwässer 198.
„ Nährstoffverluste 198.
Silicium 113.
„ dioxyd 142.
Silikate 143.
Solanin 137.
Sonnenlicht bei der Kohlensäure-Assimilation 23.
Spaltungsgesteine 151, 153.
Sulfate 148.
Sulfide 149.
Sumpferz 149.
Superphosphat 290.
„ Fabrikation 292.
„ Wirkung 293, 319.
„ Anwendung 297.

Superphosphat, Gemische 297.
„ Handelsbestimmungen 298.
Syenit 152.
Sylvin 150.
Sylvinit 333.
Symbiose 49.
Scheideschlamm der Zuckerfabriken 357.
Schieferton 158.
Schizolithe 151, 153.
Schleimstoffe 131.
Schlick 157.
Schutt 156.
Schwefel 110.
Schwefeleisen 149.
Schwefelkies 149.
Schwefelsaures Ammoniak 82, 110, 269.
„ „ Verbrauch 269.
„ „ Anwendung 269.
„ Kali 110, 119, 332, 333.
Schwefelsaure Kalimagnesia 331, 333.
Schwefelsaures Kalium siehe schwefelsaures Kali.
Schwefelsaurer Kalk 110, 124, 148, 354.
Schwefelsaure Magnesia 110, 126.
Schwefelsaures Natrium 110, 119.
Schwefelverbindungen 110, 149.
Schwefligsaure Salze 110, 148.
Stärkemehl 131.
„ Produkt der Assimilation 28.
„ Bildung in der Pflanze 29.
„ Veränderung bei der Keimung 11.
Stalldünger 215, 263.
„ Zusammensetzung 215, 218, 219.
„ Berechnung der Zusammensetzung aus dem Futter 220.
„ Verluste beim Lagern 222.
„ Aufbewahrung und Konservierung 227.
„ Wirkung und Verwertung 236, 263.
„ Anwendung 246.
„ Wirkung im Vergleich zur Gründüngung 263.
Staßfurter Kalisalze siehe Kalisalze.
Stearinfett 29, 133.
Steinböden 207.
Steinsalz 149, 160.
Stickstoff, Nährstoff der Pflanze 40.
Stickstoffassimilierende Bodenbakterien 61.
Stickstoffassimilation durch die Leguminosenbakterien 44.
Stickstoffaufspeicherung durch die Leguminosen 56.
Stickstoffdünger 264.
„ organische 282.
„ Allgemeines über die Anwendung 286.
Stickstoffdüngung, Höhe 286.
„ Form 289.
Stickstofffreie Stoffe der Pflanze 130.
Stickstofffreie Substanzen 11.
„ „ ihre Veränderung bei der Keimung 11.
Stickstoffgewinn durch die stickstoffassimilierenden Bodenbakterien 62, 63, 66, 69, 71.
Stickstoffgehalt der Pflanze 40.
Stickstoffhaltige Stoffe der Pflanze 134.
„ „ „ „ Veränderung bei der Keimung 13.
Stickstoffprodukte, aus der Luft gewonnene 277.
Stickstoffverbindungen, Nährstoffe der Pflanze 40, 76.
Stickstoffverluste des Stalldüngers beim Lagern 222.
Strahlengattungen bei der Kohlensäure-Assimilaton 26.
Strahlstein 144.
Strychnin 137.
Stückkalk 356.

Talk 144.
Temperaturgrenzen bei der Keimung der Samen 8.
Thomasmehl 306.
„ Zusammensetzung 308, 311.
„ Zitronensäurelöslichkeit 308.
„ Verbrauch 311.
„ Wirkung 311, 319.
„ Anwendung 313.
„ Lieferungsbedingungen 313.
Thomasschlacke 306.
„ Zusammensetzung 308, 311.
Tiefstall 231.
Tiefstalldünger 224.
Tierkörpermehl 283.
Ton 145.
Tone und Tongesteine 157.
„ chemische Zusammensetzung 158.

Tonböden 209.
Tonschiefer 158.
Trachyt 152.
Transpiration der Pflanze 32.
Traubenzucker 130.
„ bei der Keimung 11.
„ Produkt der Assimilation 28.
Tremolit 144.
Trikalziumphosphat 147.
Trisaccharide 131.
Tropfstein 146.
Trümmersedimente 155, 156.
Tryptische Enzyme 135.
Turmalin 145.
Tyrosin 93, 136.

Übergangsmoore 179.
Urgesteine 150.

Verdunstung des Wassers in der Pflanze 32.
Verkohlung 178.
Vermoderung 178.
Verluste des Stalldüngers 222.
„ „ „ beim Lagern 222.
Vernin 136.
Vertorfung 178.
Verwesung 168.
Verwitterung 163, 165.
Verwitterungsprodukte der Mineralien 165.
Vivianit 148.
Volumenzunahme bei der Quellung der Samen 7.
Vulkanite 151, 152.

Wärme als Keimungsbedingung 8.
„ bei der Kohlensäure-Assimilation 23.
Wasserabgabe durch die Pflanze 32.
Wasseraufnahme durch die Pflanze 31.
Wasserbedarf der Kulturpflanzen 34.
Wassergehalt des Saatgutes 15.
„ des Bodens 37.
„ der Pflanze 31, 129.
Wasser bei der Kohlensäure-Assimilation 23.
„ bei der Keimung 6.
„ als Nährstoff 31.
Weiden 452.
„ Düngung 453.
Weinsäure 133.
Weizen 429.
„ Düngung 430.
„ Beispiel für die Düngung 436.
Wicken 449.
„ Düngung 450.
Wiesen 452.
„ Düngung 453.
Wiesenerz 149.
Wiesenkalk 159.
Wolters-Phosphat 317.
Wollstaub 283.
Wurzelknöllchen 49.

Xanthin 93, 136.
Xanthophyll 27.

Zellulose 131.
„ Bildung in der Pflanze 29.
„ bei der Keimung 11.
Zeolithe 145.
Zitronensäure 133.
Zuckerrübe 377.
„ Düngung 386.
„ Beispiel für die Düngung 395.
Zusammensetzung der Pflanze 129.
Zytase 11.

Berichtigung.

S. 31, Zeile 1 lies: „Oxydationsvorgang" statt „Organisationsvorgang".
S. 338, Zeile 16 von unten lies: „Kalidüngung" statt Kalkdüngung".

Druck von Hermann Beyer & Söhne (Beyer & Mann) in Langensalza.

Verlag von Paul Parey in Berlin SW. 11, Hedemannstraße 10 u. 11.

Bodenkunde für Land- und Forstwirte.

Von **Dr. Eilh. Alfred Mitscherlich,**
o. ö. Professor an der Königl. Albertus-Universität zu Königsberg i. Pr.
Zweite, vollständig umgearbeitete Auflage.
Mit 35 Textabbildungen. Gebunden, Preis 9 M.

Anleitung zur wissenschaftlichen Bodenuntersuchung.

Von
Prof. Dr. Felix Wahnschaffe, Geheimer Bergrat, Abteilungsdirigent a. d. Kgl. Preuß. Geolog. Landesanstalt, und **Dr. Friedrich Schucht,** Kgl. Bezirksgeologe und Dozent an der Kgl. Landwirtschaftlichen Hochschule Berlin.
Dritte, neubearbeitete Auflage.
Mit 57 Textabbildungen. Gebunden, Preis 6 M. 50 Pf.

Tagesfragen aus dem modernen Ackerbau.

Von Professor **Dr. K. von Rümker** - Berlin.
Gebunden, Preis 10 M.

Die Ernährung der landwirtschaftlichen Nutztiere.

Lehrbuch auf der Grundlage
physiologischer Forschung und praktischer Erfahrung.
Von **Dr. O. Kellner,**
Geh. Hofrat und Professor, Vorstand der Königl. landw. Versuchsstation Möckern.
Sechste, vermehrte und verbesserte Auflage.
Gebunden, Preis 14 M.

Der Getreidebau

auf wissenschaftlicher und praktischer Grundlage.
Bearbeitet von
Franz Schindler,
o. ö. Professor an der k. k. deutschen technischen Hochschule in Brünn.
Mit 80 Textabbildungen. Gebunden, Preis 12 M.

Handbuch des Futterbaues.

Von **Dr. Hugo Werner,**
Geh. Reg.-Rat und Professor an der Königl. landw. Hochschule zu Berlin.
Dritte, vollständig neubearbeitete Auflage.
Mit 110 Textabbildungen. Gebunden, Preis 10 M.

Grundsätze und Ziele neuzeitlicher Landwirtschaft.

Ein Gang durch die Wirtschaft
von **Dr. Wölfer,**
Direktor der Großh. Ackerbauschule Dargun i. M. und Redakteur der Norddeutsch. Landw. Zeitung.
Vierte, neubearbeitete Auflage.
Gebunden, Preis 9 M.

Zu beziehen durch jede Buchhandlung.

UNIVERSITY OF CALIFORNIA LIBRARY
BERKELEY

THIS BOOK IS DUE ON THE LAST DATE STAMPED BELOW

Books not returned on time are subject to a fine of 50c per volume after the third day overdue, increasing to $1.00 per volume after the sixth day. Books not in demand may be renewed if application is made before expiration of loan period.

DEC 21 1933

50m-7,'16

TC 20869

349660

UNIVERSITY OF CALIFORNIA LIBRARY